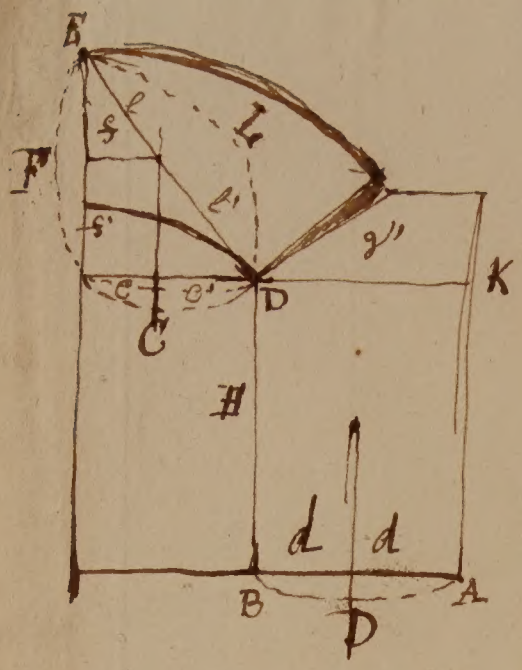
ŒUVRES
DE M. GAUTHEY.

TOME PREMIER.



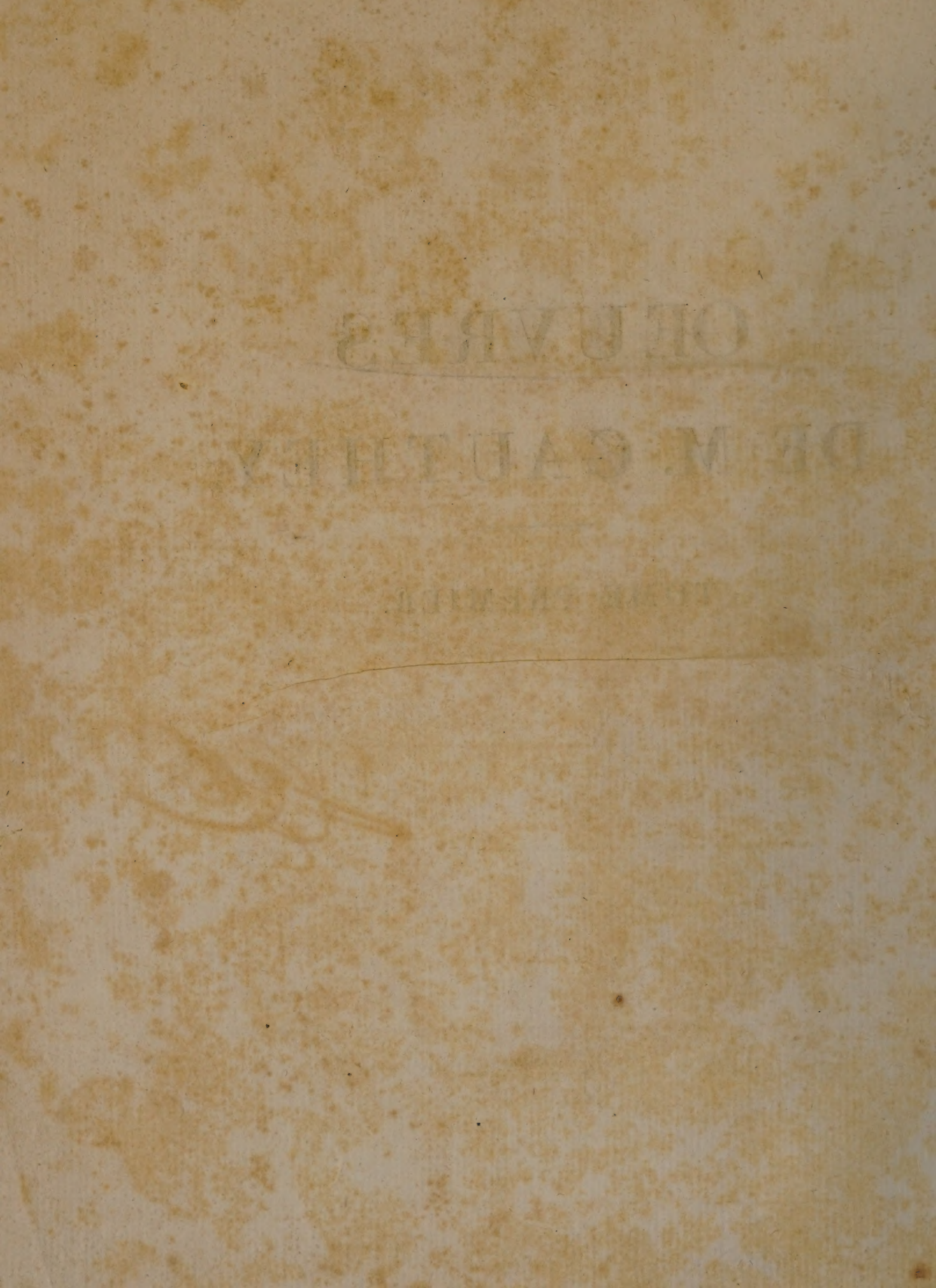
Il est facile d'établir la condition d'équilibre qui doivent exister entre les forces qui tendent à faire glisser le cul de la voute dû à la renverse et celle qui s'oppose à cet effet.

La premiere force est le poids μ de la demi voute : cette force se decompose en deux l'une agissant en E et exprimée par $\mu \frac{l'}{L}$ ou $\mu \frac{l'}{F'}$ l'autre en D et égale à $\mu \frac{l}{L}$ ou $\mu \frac{l}{F'}$ en E il y a une deuxieme force verticale egale à $\mu \frac{l'}{F'}$ qui reunie à la premiere donne pour resultante verticale $2\mu \frac{l'}{F'}$ ou une resultante suivant ED $\mu \frac{l'}{F}$ que l'on decompose en D suivant une verticale $\mu \frac{l'}{L}$ ou $\mu \frac{l'}{F}$ et une horizontale $\mu \frac{l'c}{FL}$ ou $\mu \frac{c'}{F}$. Les forces verticales en D equivalent donc à μ ainsi δ étant le poids de la portion DBAK l'equation d'equilibre sera :

$\mu \frac{c'}{F} \times H = \mu \times D + \gamma \times d'$ si la culée peut tourner autour du point A

ou bien $\mu \frac{c'}{F} = (\mu + \gamma)\, 0{,}75 + 6{,}960\, D$ si la culée peut glisser sur AB,

$\mu \frac{c'}{F} = (\gamma' \text{ poids de la portion cylindrique à DK})\, 0{,}75 + 6{,}960\, D$



Pont de Bordes.

F.

Résultats

Du Tassement successif, d'une voûte de huit mètres d'ouverture, surbaissée au 1/4.

Observations du surbaissement des parties de la Voûte.		Coupes verticales de l'arche surbaissée, en amont.	au centre	aval.
Flèche ou montée de l'arche surbaissée au 1/4		2m-000	2,m000.	2m-000
Surbaissement après décintrement le	juillet 1820	0-m0.	0,000.	0,013.
Surbaissement au 21 Décembre 1820		0-040	0,06f.	0,040.
Observations à faire en 1821	au 1er Mars 1821			
	au juin 1821			

Surbaissement des 2 parapets aux parties centrales des têtes	amont	0m,01f.
	aval	0,01f.

Voir la lettre de l'Ingénieur en chef de la Dordogne, sur le tassement de l'arche surbaissée et clavée le 6 juillet 1820.

à Perigueux le 22 Decembre 1820.

P.

A SON EXCELLENCE

LE COMTE DE CHAMPMOL,

MINISTRE DE L'INTÉRIEUR.

MONSEIGNEUR,

VOTRE EXCELLENCE a daigné permettre que l'ouvrage que je publie en ce moment parût sous ses auspices. Je dois me féliciter doublement d'être admis à être auprès d'elle l'interprete de la reconnaissance de la famille de M. Gauthey, et d'avoir à payer un tribut public

à des vertus et à des talents depuis long-temps reconnus par l'opinion générale.

C'est du gouvernement consulaire que date l'ere nouvelle des Ponts et Chaussées; et lorsqu'à cette époque Votre Excellence fut chargée de cette administration, le corps des ingénieurs et les différentes parties du service se ressentaient gravement des froissements de la révolution. Il appartenait au héros qui a tout recréé de régénérer aussi cette branche importante de l'administration publique. D'habiles ingénieurs rappelés à des travaux d'où les avaient écartés d'injustes persécutions, les entrepreneurs rassurés par des mesures d'ordre et de régularité dans les paiements, les ateliers relevés et ramenés à la subordination, tels ont été, tels devaient être les moyens préparés par sa sagesse. Bientôt les grands travaux, long-temps interrompus, ont été repris, les routes réparées, les Alpes rendues praticables dans plusieurs parties jusque-là inaccessibles; la capitale a vu s'élever sur la Seine des ponts d'un genre qui nous était auparavant inconnu; à l'embouchure du Rhône, sur les bords du Rhin et de l'Escaut, dans l'inté-

rieur de la Bretagne, des canaux projetés et ouverts ont promis ou procuré à la France le plus haut degré d'accroissement de prospérité.

Parmi les chefs du corps dont la direction lui était confiée, Votre Excellence avait distingué M. Gauthey. La bienveillance que vous daignâtes lui témoigner, la protection que vous ne cessâtes d'accorder à ses travaux, lui firent une loi de redoubler de zele et d'ardeur. Il desirait ne point laisser perdre entièrement pour ses successeurs les connaissances qu'une expérience de cinquante années l'avait mis à portée de recueillir, et il avait projeté, dans cette vue, de donner au public un Traité de la construction des ponts, et un Traité de l'établissement des canaux de navigation. Plusieurs ingénieurs avaient déja publié des ouvrages sur des objets relatifs aux travaux publics. Pitrou, de Regemorte, Perronet, et, en dernier lieu, M. de Cessart, avaient donné les descriptions de ceux qu'ils avaient fait exécuter, et des méthodes nouvelles dont ils étaient les inventeurs. M. Gauthey a travaillé sur un plan différent. Il a voulu rassembler dans un corps de doctrine les préceptes dont les

livres de ses prédécesseurs offraient seulement des applications, et personne n'était plus à même d'y ajouter ce qui était nécessaire pour en former une théorie complete. La mort l'a malheureusement empêché de conduire à sa fin cette entreprise; et, sans la protection dont Votre Excellence l'honorait, il est vraisemblable que ses ouvrages, dont le dernier est resté imparfait, n'auraient jamais vu le jour.

M. Gauthey, dans le moment où nous l'avons perdu, était occupé de la derniere révision de son Traité de la construction des ponts. Il fallait que quelqu'un continuât ce travail et mît le Traité en état d'être livré à l'impression. Votre Excellence, que l'auguste confiance de l'Empereur et les intérêts du crédit public avaient éloignée des Ponts et Chaussées, après l'avoir scrupuleusement examiné, s'est déterminée à faire paraître cet ouvrage sous ses auspices. Elle a daigné jeter les yeux sur moi pour en préparer l'édition. Elle a pensé qu'animé par l'honneur de placer mon nom à la suite du nom de M. Gauthey, le zele suppléerait à tout ce qui me manque du côté des lumieres. Je n'ai rien

négligé, Monseigneur, de tout ce qui était en mon pouvoir, pour justifier votre choix, et j'ai employé tous mes soins et tous mes moyens pour remplir les vues de Votre Excellence.

J'ai cru qu'on verrait avec intérêt à la tête des ouvrages de M. Gauthey, une courte notice sur sa vie et sur ses travaux. Je me suis laissé entraîner au plaisir d'exprimer à-la-fois mes sentiments les plus chers, ceux que je dois à la mémoire de mon oncle, et ceux que vos bontés m'ont inspirés. Je supplie Votre Excellence d'en agréer l'hommage, ainsi que le profond respect avec lequel j'ai l'honneur d'être,

MONSEIGNEUR,

Votre très-humble
et très-obéissant serviteur,
NAVIER.

ÉLOGE HISTORIQUE

De M. GAUTHEY,

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES,
MEMBRE DE LA LÉGION D'HONNEUR.

Les hommes modestes qui, sans fuir la gloire, ont eu pour premier but les progrès des arts et la prospérité de leur patrie, ont rarement joui de la célébrité qui devait être le prix de leurs travaux. Mais si, dans des temps moins éclairés, on a prodigué aux exploits des guerriers et aux ouvrages des poëtes une admiration et des éloges qui ne devaient point être exclusifs, on doit, dans un siecle où l'on a su analyser les causes du bonheur et de la puissance des nations, où l'on a vu qu'elles étaient placées dans les progrès des arts et du commerce, rendre enfin des hommages mérités aux hommes dont les travaux ont ces progrès pour objet, et tendent, en augmentant les richesses de l'empire, à faire partager aux classes inférieures l'aisance et les commodités de la vie.

En examinant d'après ces principes quel est le degré d'estime que méritent les travaux des ingénieurs, on jugera sans doute que, parmi les services rendus à la société, il y en a peu de plus recomman-

dables que les leurs. L'établissement et le perfectionnement des communications, dont le soin leur est confié, est en effet un objet des plus importants, soit par son influence sur le commerce, sur l'agriculture et sur les arts, soit par les sommes considérables que le gouvernement y consacre. En exécutant les travaux que ces communications exigent, on a souvent la nature à combattre : il faut, pour surmonter les difficultés qu'elle présente, réunir toutes les ressources que les sciences et les arts peuvent offrir. Aussi, des études profondes et des connaissances variées sont-elles nécessaires aux ingénieurs. Il y a peu de découvertes dans les sciences physiques et mathématiques dont ils ne puissent tirer quelques secours. Ces découvertes leur doivent être familieres, et il faut qu'ils sachent en faire usage avec discernement, ce qui suppose une étude approfondie des sciences auxquelles elles se rapportent. Mais, quelque étendue qu'elle soit, cette étude est encore loin de leur suffire : dénuée de l'expérience elle est peu de chose; et l'expérience d'une grande partie de la vie peut à peine former dans ce genre un artiste consommé.

L'extrême importance des travaux des ingénieurs, les difficultés qu'ils présentent, l'instruction qu'ils exigent, devraient suffire peut-être pour tirer leurs noms de l'oubli dans lequel ils restent souvent ensevelis. Forcés en quelque sorte par la nature de leurs fonctions à faire tout pour l'utilité et rien pour la gloire, ils sont dédommagés par l'intime satisfaction qu'on éprouve en remplissant des devoirs utiles, et par la confiance du gouvernement, qui fonde à la fois le succès de ses entreprises sur leurs talents et sur leur caractere. Cependant, si la justice et l'intérêt même de la société font un devoir d'accorder à ces hommes utiles les éloges qui leur sont dus, combien

ce devoir devient-il plus saint encore pour ceux qui ont ressenti leurs bienfaits, et qui ont tâché de recueillir une légere partie de leur longue expérience? et si, dans l'homme public dont les travaux ajoutent à la splendeur et à la prospérité de son pays, dans le savant qui éclaire ses concitoyens, on a trouvé encore l'homme sensible, dont le cœur s'ouvre à toutes les affections les plus douces, et dont la bienfaisance active s'entoure d'êtres dont il devient le pere, ce n'est plus alors un devoir qu'il s'agit de remplir : on s'abandonne au mouvement de son cœur; et, les yeux pleins des larmes de la reconnaissance, on cherche moins à rappeler des souvenirs qu'à exprimer des sentiments.

Émiland-Marie GAUTHEY naquit le 3 décembre 1732, à Châlon-sur-Saône, où son pere exerçait la profession de médecin. Après avoir fait ses premieres études dans cette ville, il se rendit à Versailles, chez un oncle, professeur de mathématiques des pages, et s'adonna sous lui à l'étude de cette science. Il parvint bientôt à le suppléer et même à le remplacer dans ses fonctions, et semblait destiné à parcourir cette carriere qui s'ouvrait d'elle-même devant lui. Effrayé cependant par l'idée de ce qu'il y avait alors de précaire et d'incertain dans l'existence d'un professeur de mathématiques, et voulant se créer un état moins dépendant du public et des événements, il vint à Paris étudier l'architecture chez Dumont, l'un des premiers maîtres du temps.

L'École des Ponts et Chaussées avait été créée par Trudaine, en 1747, et Perronet avait été choisi pour la diriger. Ce célebre ingénieur, dont la mémoire est si chere à ses disciples, qui sut

exciter dans son Corps l'esprit d'honneur et d'émulation, et faire naître la considération qui en est la suite, prodiguait ses soins et ses leçons à des éleves choisis, dont les dispositions lui présageaient d'avance les succès qu'ils ont depuis obtenus. On engagea M. Gauthey à partager leur sort et leurs espérances.

La bienfaisance du gouvernement, devenue depuis plus active, ne s'étendait pas alors, comme elle le fait actuellement, sur toutes les branches de l'instruction. Les éleves n'étaient pas appointés, et le défaut de fortune de M. Gauthey aurait mis un obstacle à son entrée dans l'École. Mais cette difficulté fut bientôt écartée. Les professeurs étaient choisis parmi les éleves, et recevaient une rétribution qui devenait la récompense des efforts plus grands qu'ils étaient obligés de faire. Les connaissances de M. Gauthey le rendaient propre à remplir la place de professeur de mathématiques, et elle lui fut effectivement donnée peu de temps après son admission à l'école.

Il y resta plus de deux ans : partageant son temps, pendant l'hiver, entre les fonctions de professeur et l'étude de l'architecture ; pendant l'été, visitant les ateliers des travaux importants que l'on exécutait alors, et recueillant près de leurs célebres constructeurs les connaissances pratiques que rien ne peut jamais suppléer, et qu'il a possédées dans un rare degré de perfection. C'est ainsi qu'il a vu successivement la construction des ponts d'Orléans, de Mantes, de Joigny, de Montereau, de Cravant et de Saumur.

Cependant l'amour de l'étude, et le desir ardent d'être utile à sa patrie en contribuant au progrès d'un art qui alors était encore presque dans son enfance, toujours présents à la pensée de M. Gauthey, lui faisaient souhaiter vivement de trouver quelque occasion d'étendre

ses connaissances et de les mettre en pratique. Il connaissait de réputation les projets de canaux de la Bourgogne, projets faits pour exciter doublement son attention, puisqu'ils avaient pour objet d'augmenter la prospérité de son pays natal, et qu'ils devaient lui fournir les moyens de développer le génie de son art. Les états de cette province ayant créé, en 1758, une nouvelle place de sous-ingénieur, elle lui fut accordée, et il vint résider dans le lieu de sa naissance, et prolonger par ses soins les dernieres années de la vieillesse d'une mere chérie. Peu de temps après sa nomination, il fut reçu membre de l'ancienne Académie des Sciences de Dijon.

M. Gauthey attendit long-temps la réalisation des espérances qu'il avait conçues. Les anciens projets paraissaient oubliés, et les vues du gouvernement se portaient alors sur des travaux d'un autre genre. Pendant les premieres années, ses fonctions de sous-ingénieur se bornerent à tracer des routes que l'administration des états de Bourgogne faisait éxécuter en grand nombre. Réduit à ce genre de construction assez ingrat quand on ne rencontre pas dans les localités des obstacles extraordinaires, il chercha du moins à apporter quelque perfectionnement à la maniere dont le travail était exécuté, et principalement à celle dont les corvées étaient administrées. Les états de Bourgogne firent, à cette époque, des changements dans le système de distribution des tâches, qui furent reparties, d'après ses vues, d'une maniere plus juste et plus égale.

M. Gauthey était depuis cinq ans sous-ingénieur, lorsque les propositions de M. Despuller, au sujet du canal de la Saône à l'Yonne, réveillerent sur cet objet l'attention du public et celle du gouvernement. L'idée très-ancienne de couper en Bourgogne la chaîne de

montagnes qui la traverse, par un canal de navigation, et de réunir ainsi, dans le centre même de la France, les deux mers qui la baignent à ses extrémités, n'avaient jamais été entièrement oubliée : on avait même fait, à diverses époques, des tentatives pour l'exécution de cet important ouvrage ; mais il fallait alors qu'un esprit actif et entreprenant en fît revivre le projet, et en présentât de nouveau tous les avantages.

On a depuis long-temps remarqué combien le sol de la France est heureusement disposé pour le commerce. Baigné par deux mers dans la plus grande partie de son contour, et parcouru dans tous les sens par de grandes rivieres, il semble que l'art n'ait presque rien à ajouter aux bienfaits de la nature : et, pour offrir au commerce, dans tous les sens et d'une extrémité à l'autre, des voies de communication non interrompues, il suffit de réunir dans les lieux où leurs sources se rapprochent, les grands fleuves qui arrosent l'Empire en coulant dans des directions opposées.

La Garonne qui baigne les superbes campagnes du Languedoc, et qui va former à Bordeaux l'un des plus beaux ports de la France, compose avec l'Aude un systême de navigation particulier, et qui ne se lie point d'une maniere directe avec le systême général de la navigation de l'Empire. Ces deux rivieres ont été réunies sous Louis XIV, et le canal du Languedoc a le premier ouvert un passage de l'Océan à la Méditerranée.

Si l'on examine ensuite le cours des autres fleuves et les lieux où ils prennent leur source, on verra le centre de la navigation intérieure se placer naturellement dans l'ancienne Bourgogne. La Saône qui va se perdre dans le Rhône et dans les mers de la Provence, peut

être facilement réunie, d'une part avec la Loire et l'Yonne qui se rendent à l'Océan, et de l'autre, avec la Meuse, la Moselle et le Rhin, qui vont se jeter dans les mers du Nord. Sa jonction avec la Loire a été effectuée, et c'est à M. Gauthey qu'on doit les projets et l'exécution de cette entreprise. Le canal qui joindrait la Saône à la Seine, a été commencé en même temps, et l'active bienfaisance du gouvernement ranime déja des travaux que les circonstances avaient forcé de laisser languir. La communication avec le Nord s'opere en ce moment; et l'immense canal Napoléon, qui va réunir Lyon et Strasbourg, la Saône et le Rhin, formant un lien nouveau avec les provinces dont l'empire s'est aggrandi sur les bords de ce fleuve, et les faisant participer aux avantages du commerce général de la France, sera l'un des plus beaux monuments d'un regne à jamais mémorable.

Ces considérations qu'il est facile de saisir à la seule inspection d'une carte de la France, n'avaient point échappé à M. Gauthey. Il connaissait également les tentatives qu'on avait faites à diverses époques, et les dernieres opérations de Perronet et de Chezy, d'après lesquelles le gouvernement s'était décidé à exécuter le canal qui réunissait la Saône à l'Yonne, préférablement à celui qui aurait réuni la Saône avec la Loire. Ces excellents ingénieurs, après avoir discuté avec le plus grand soin les deux projets qui depuis long-temps étaient en concurrence, et balancé leurs avantages et leurs inconvénients respectifs, avaient choisi le canal le plus long et celui dont la dépense était le plus considérable; mais ce canal donnait une communication plus directe avec la capitale, et sur-tout on craignait qu'on ne pût rassembler, pour celui du Charollais, une assez grande quantité d'eau pour alimenter une navigation florissante.

Ce procès semblait décidé en dernier ressort, et il ne paraissait pas qu'on dût jamais revenir sur un jugement prononcé par les ingénieurs les plus instruits du siecle. M. Gauthey lui-même, qui, dès cette époque, donnait la préférence au canal du Charollais, plus court, d'une exécution plus prompte, et dont la localité se rapprochait davantage de sa ville natale, s'était soumis à la décision de ses anciens maîtres. Il fut alors chargé (en 1767) de tracer, de Châlons à Toulon sur Arroux, une route qui devait passer très-près de l'étang de Longpendu, emplacement du point de partage du canal du Charollais; ce travail lui donna les moyens de reconnaître la possibilité de l'exécution du canal, et c'est uniquement à cette circonstance remarquable qu'il fut redevable de cette découverte.

En faisant les nivellements nécessaires pour régler les pentes de la route, M. Gauthey reconnut que l'étang de Longpendu était situé dans une interruption de la chaîne de montagnes qui sépare les eaux qui coulent dans la Méditerranée de celles qui se rendent à l'Océan, et qu'à raison du peu d'élévation de son niveau, on y pouvait rassembler une quantité d'eau beaucoup plus considérable qu'on ne l'avait cru jusqu'alors. On sent quelle impression cette découverte si intéressante dut faire sur son esprit; combien elle confirma ses premieres vues, et avec quel empressement il conçut l'espoir désormais fondé de faire réussir son projet favori. Mais si la nature ne lui présentait plus d'obstacles, ou si, du moins, son génie lui fournissait assez de ressources pour qu'il ne craignît pas ceux qu'elle lui opposait encore, il lui en restait de plus difficiles à vaincre dans les hommes et dans les circonstances, et qui exigeaient, pour les surmonter, beaucoup plus de courage et de force d'esprit. On sait qu'il n'est point

d'entreprise utile, si elle est nouvelle, que l'ignorance et l'envie ne combattent, et souvent, ceux même qui doivent recueillir les fruits du succès sont les premiers à faire naître les empêchements et les dégoûts autour d'un homme dont leurs enfants béniront un jour la mémoire.

Nous ne suivrons point M. Gauthey dans les époques successives de la lutte qu'il a soutenue. Un des mémoires qui doivent faire partie de cet ouvrage, est destiné à donner tous les détails historiques qui sont relatifs au canal du Centre. On y verra son célebre constructeur perdre et reprendre alternativement l'espérance ; tantôt soutenu par la bienveillance d'un ministre, et découragé par sa retraite ; tantôt animé par l'approbation des savants, et dégoûté par ces critiques qu'il est si facile et en même-temps si pénible de repousser ; balotté et contrarié par les intrigues et les intérêts de tous les genres, surmonter tous ces obstacles, et atteindre enfin, après seize ans d'efforts et de travaux, le but qu'il n'avait jamais cessé de poursuivre.

Quelque fût chez M. Gauthey le sentiment de ses forces, et quelque confiance qu'il eût dans ses propres talents et dans les ressources de son génie, il n'oublia point que le génie seul, aidé même des recherches théoriques les plus étendues, ne peut entièrement suffire au constructeur. Destiné à conduire une grande entreprise, il voulut connaître les grandes entreprises du même genre ; et dans les intervalles que lui laissaient ses fonctions de sous-ingénieur, et les sollicitations et les travaux relatifs au canal du Centre, il visita les canaux de la Picardie, ceux d'Orléans et de Briare, le canal de Givords et le canal de Languedoc. Il parcourut ces monuments en artiste consommé, qui sait apprécier les succès, et qui juge les fautes ; qui aperçoit dans les efforts

que l'art a déja faits, les moyens de lui en faire faire de plus grands, et, de ses erreurs même, sait tirer des moyens de perfection. Il rapporta de ses voyages une foule de connaissances nouvelles et qui, jointes à celles qu'il avait acquises dans ses premieres études, le rendaient peut-être l'homme de son temps le plus capable de bien projeter et de bien conduire le grand ouvrage dont il ne cessait de presser l'exécution.

Un objet d'une nature différente vint au milieu de ses travaux le distraire de ceux qui l'occupaient alors tout entier. Il s'agissait de défendre à-la-fois la cause de la vérité et celle d'un maître et d'un ami; jamais il n'hésita dans une pareille circonstance. La bonté et la franchise faisaient la base de son caractere; et si quelquefois on a cru pouvoir lui refuser la premiere de ces vertus, ce n'est jamais qu'autant qu'il la sacrifiait à l'autre.

L'église de Sainte-Genevieve s'élevait depuis long-temps sur les dessins de l'illustre Soufflot. Ses fondations qui avaient offert de grandes difficultés, et pour lesquelles on avait épuisé toutes les ressources de l'art, étaient enfin terminées. On voyait peu-à-peu saillir au-dela du sol, toutes les parties de cette magnifique construction, et déja on pouvait juger facilement de leurs dimensions, et comparer les points d'appui avec les masses des voûtes et des dômes qu'ils allaient bientôt soutenir. On vit avec étonnement le peu de surface des piliers du dôme et la faible largeur des quatre voûtes sur lesquelles il devait être porté. On comparait ces proportions avec celles des chef-d'œuvres que l'architecture avait produits jusqu'alors, et l'on blâmait la hardiesse de Soufflot dont le génie semblait braver les difficultés et se jouer des obstacles. M. Patte, déja connu par quelques

ouvrages d'architecture, publia en 1770, un mémoire dans lequel il se proposa de démontrer l'impossibilité d'élever un dôme tel que Soufflot le projetait alors sur les points d'appui dont on commençait à saisir les formes et les dimensions.

M. Gauthey y répondit l'année suivante. Il détruisit d'abord les objections de son adversaire en montrant qu'elles n'étaient point d'accord avec la théorie ordinaire des voûtes, dont M. Patte avait voulu cependant s'étayer, et prouva qu'en admettant sans restriction cette théorie, l'épaisseur des piliers et des arcs doubleaux était plus que suffisante pour résister à la poussée du dôme. Il alla plus loin et commença, dès cette époque, à élever des doutes sur la théorie elle-même. On sait qu'elle est aujourd'hui entièrement rejetée, et c'est principalement à ces vues de M. Gauthey et à des expériences qu'il fit dans la suite, qu'on doit celle qui la remplace.

Il restait encore à lever une derniere difficulté pour sauver la gloire de Soufflot des reproches auxquels il était exposé, et pour rassurer entièrement le public et les artistes sur les craintes qu'ils avaient conçues; et la seule objection qu'on n'eût pas faite était précisement celle qui méritait la plus sérieuse attention. Il était assez prouvé que la tour du dôme et les arcs doubleaux qui la portent, avaient assez d'épaisseur pour soutenir l'action de ses voûtes; mais, en comparant le peu de surface des piliers avec les masses énormes dont ils sont chargés, on pouvait craindre que la pierre dont ils étaient construits ne leur présentât pas assez de résistance, et qu'elle ne vînt à s'écraser sous leur poids. On n'avait alors aucun moyen de juger exactement de la valeur de cette objection. M. Gauthey fit construire une machine

destinée à faire connaître la résistance des différentes especes de pierres, et entreprit sur cet objet une suite d'expériences qui ont paru en 1774, dans le journal de physique de l'abbé Rozier. Elles furent répétées par Soufflot et par Perronet; on reconnut que la surface des piliers du dôme de Sainte-Genevieve était plus que suffisante, et Soufflot se détermina en conséquence à augmenter les dimensions du dôme qu'il projetait alors. L'expérience a semblé contredire ces vues et justifier les craintes qu'elles avaient d'abord calmées. Il est survenu après la construction du dôme des dégradations dans les piliers qui ont paru mettre en danger l'existence de cet édifice, et d'après lesquelles on s'est cru obligé, pour prévenir sa chûte, d'employer des précautions extraordinaires. M. Gauthey a encore ramené les esprits dans cette circonstance : il a fait voir dans un mémoire imprimé en l'an 6, que ces dégradations étaient la conséquence d'une méthode vicieuse employée dans la construction des piliers; que les mouvements qui en étaient résultés dans la masse de l'édifice étaient parvenus à leur terme, ce qui était également démontré par ses expériences et par celles de M. de Prony, et qu'actuellement, les mortiers étant arrivés au dernier dégré de compression, il ne restait plus qu'à remplacer les pierres éclatées dans les parements et à reconstruire les colonnes situées aux angles des piliers. Ces conclusions furent adoptées par la commission chargée par le Ministre de l'intérieur de remédier aux dangers auxquels le plus beau monument d'architecture du dernier siecle semblait exposé. M. Gauthey avait examiné, à cette occasion, les causes des dégradations du dôme de Saint-Pierre de Rome, et avait indiqué, pour en arrêter les suites, des moyens plus efficaces

que les cercles de fer dont il est entouré ; il établit la nouvelle théorie des voûtes et publia des tables qui reglent les épaisseurs des culées des différentes especes de voûtes en berceau.

Ce ne fut qu'en 1782 que M. Gauthey fut nommé ingénieur en chef des travaux de la province de Bourgogne. Il venait alors de construire à Châlon-sur-Saône, un mur de quai conçu d'après des principes nouveaux, auxquels il avait été conduit par des expériences relatives à la poussée des terres. Ces recherches furent imprimées dans les mémoires de l'académie de Dijon.

Les projets du canal du Centre avaient été approuvés en 1779 par le conseil des inspecteurs généraux des ponts et chaussées. M. Gauthey trouva l'occasion de faire revenir Perronet des premieres préventions qu'il avait conçues, en lui montrant que, d'après les découvertes postérieures à son rapport, les eaux qu'on pouvait conduire au point de partage étaient beaucoup plus considérables qu'elles n'avaient dû le lui paraître ; il eut dès lors la satisfaction de le compter au nombre de ses approbateurs. Les élus de Bourgogne engagés par le gouvernement à se mettre à la tête de cette entreprise, avaient chargé M. l'abbé de Lusines, l'un d'entre eux, de faire l'examen des avantages particuliers qu'elle devait apporter à la province, et en acceptant cette proposition, ils avaient demandé d'être autorisés à exécuter par emprunt, et en même-temps que le canal du Centre, ceux de la Saône à l'Yonne, et du Doubs à la Saône, faisant suite au grand canal de la Saône au Rhin, actuellement connu sous le nom de canal Napoléon. Cette demande leur fut accordée ; et comme on devait commencer la communication de la Saône à l'Yonne, par la partie de Dijon à la Saône, M. Gauthey, qui devait conduire à-la-fois ces trois grandes entreprises,

proposa quelques changements dans la direction que Perronet lui avait donnée ; ils reçurent son approbation, et on commença à mettre la main à l'œuvre, en 1783.

L'année suivante, le prince de Condé, alors gouverneur de la Bourgogne, vint poser la premiere pierre des trois canaux. On frappa une médaille destinée à perpétuer le souvenir de cette cérémonie, et l'entreprise prit une activité et un éclat qui devint la premiere récompense des travaux de M. Gauthey. Les élus de la Bourgogne avaient créé pour lui la place de directeur général des canaux de cette province, et l'avaient dédommagé des sacrifices que lui avaient coûté des projets faits d'abord à ses frais et sans autorisation.

Les travaux du canal du Centre se prolongerent pendant huit ans. On ne put y mettre l'eau qu'à la fin de 1791. Pendant cet intervalle M. Gauthey résidait dans une maison de campagne qui se trouvait près du centre des ateliers qu'il avait à surveiller. Presque uniquement secondé dans l'origine par un neveu dont il avait dirigé l'éducation (1), et qu'il avait depuis quelques années associé à ses travaux, il s'entoura de jeunes gens actifs et laborieux dont quelques-uns ont été depuis incorporés dans les ponts et chaussées. L'un d'entre eux,

(1) M. Pourcher, dont il s'agit ici, mourut très-jeune ; son extrême application au travail avait de bonne heure altéré sa santé. M. Gauthey qui l'avait initié à toutes les connaissances de son art, n'a point laissé ignorer que, sans le secours de son neveu, il fût difficilement parvenu à porter seul à leur point de perfection des projets aussi considérables que ceux du canal du Centre, et pour lesquels il fallait qu'il tirât toutes ses ressources de lui-même. M. Pourcher, qui réunissait, comme son oncle, les talents et les qualités du cœur, serait devenu l'un des ingénieurs les plus distingués, et on ne peut trop regretter sa perte. Il avait été nommé par les élus de la Bourgogne inspecteur du canal du Charollais.

M. Vionnois, avait été chargé par S. E. le Ministre de l'intérieur, alors directeur général des Ponts et Chaussées, de la formation des projets du canal de Saint-Quentin à Cambray, et nommé, peu de temps avant sa mort, ingénieur en chef aux travaux de ce canal. M. Forey dirige actuellement, comme ingénieur en chef, les travaux du canal de la Saône à l'Yonne, dans le département de la Côte-d'Or.

La longueur du canal du Centre est de onze miriametres et demi, et il a coûté onze millions cent vingt mille livres. L'estimatif de M. Gauthey s'élevait environ à la somme de sept millions deux cents mille livres, et il semblerait, au premier coup-d'œil, qu'il a été de beaucoup excédé par la dépense. Mais on verra dans le mémoire dont il est parlé ci-dessus, qu'on a exécuté pour plus de trois millions six cents mille livres d'ouvrages qui n'avaient point été compris dans la rédaction de l'estimatif, et que la différence qui s'est trouvée entre l'évaluation de ceux qui s'y trouvaient portés et la somme qu'ils ont réellement coûtée, se réduit à trois cents deux mille livres. Ce n'est pas la trente-quatrieme partie du montant de la dépense, et il est étonnant, sans doute, qu'on ait pu prévoir avec une pareille exactitude le prix d'un ouvrage aussi considérable, d'une exécution aussi longue, et dans lequel il entrait des éléments aussi variés et aussi sujets à dépendre des circonstances. On n'a point cru devoir oublier dans l'éloge de M. Gauthey un trait aussi remarquable, et dont il existe peu d'exemples. On sait effectivement que, quels que soient le soin et l'intelligence que l'on apporte à la rédaction de l'estimatif d'un très-grand ouvrage, on ne peut jamais espérer d'avoir prévu la dépense avec une exactitude parfaite; et les plus grands succès, dans ce genre, appartiennent à ceux qui s'en sont le moins écartés.

Lorsqu'on terminait les travaux du canal du Centre, les effets de la révolution commençaient à se faire sentir. L'administration des élus de Bourgogne avait perdu son crédit, et on ne put remplir les nouveaux emprunts nécessaires pour payer les dépenses qui passaient les neuf millions que le Roi avait accordés dans l'origine. On trouva les moyens d'y subvenir en appliquant au canal du Centre des fonds qu'on avait d'abord destinés aux autres canaux de la Bourgogne, et les ouvrages furent heureusement terminés avant une époque qui les aurait nécessairement frappés d'une stagnation funeste.

La plupart des institutions commençaient à disparaître ou à changer de face, et on peut remarquer, à cette occasion, que le Corps des Ponts et Chaussées a beaucoup moins souffert que plusieurs autres des froissements auxquels ils furent tous exposés. Les administrations des pays d'état venaient d'être remplacées par les administrations départementales, quand il fut ordonné que leurs ingénieurs seraient incorporés dans les Ponts et Chaussées, et que de nouveaux inspecteurs généraux seraient choisis parmi eux. M. Gauthey fut désigné l'un des premiers; et lorsqu'au mois de novembre 1791, il naviguait pour la premiere fois sur le canal du Centre dans lequel on venait de mettre les eaux, il reçut la lettre du Ministre qui lui annonçait sa nomination. Il eut en même-temps la satisfaction de terminer le plus important ouvrage que l'on eût construit en France dans le dix-huitieme siecle, et de voir ses efforts récompensés par la confiance du gouvernement.

M. Gauthey se rendit l'année suivante à Paris, où il a exercé jusqu'à sa mort les fonctions d'inspecteur général. Pour donner une idée des travaux qui l'occuperent pendant les quinze années qui se sont écoulées jusqu'à cette époque, il faudrait pouvoir entrer dans le détail de

toutes les affaires dont il fut chargé, de tous les projets qu'il a examinés, et de toutes les discussions auxquelles il a pris part. Ce détail serait immense et ne peut trouver place ici. Il suffira de dire que, jouissant de la confiance des ministres et des personnes qui se trouvaient à la tête de l'administration des Ponts et Chaussées, admis dans la plupart des commissions, et presque toujours chargé des inspections les plus difficiles et les plus importantes, il est peu de grandes affaires qui ne lui aient été soumises, ou à la décision desquelles il n'ait participé.

M. Gauthey a su conserver, en traversant la révolution, le caractere indépendant et énergique dont la nature l'avait doué. Ne se mêlant d'aucune affaire étrangere à son service, mais ne balançant jamais à remplir un devoir, il n'eut à rougir devant aucun parti, parce qu'il ne sut en caresser aucun. Sa liberté ne lui fut point ravie : le besoin que l'on avait de ses talents et l'usage continuel que l'on en faisait, en furent sans doute la cause ; il leur dut sa tranquillité, que les inquiétudes de ses amis ont seules troublée.

Les orages de la révolution furent enfin appaisés. Un héros vint prendre les rênes du gouvernement, calmer les maux de la France, et remettre l'ordre dans toutes les parties de l'administration. L'empereur, à qui un coup-d'œil suffit pour connaître les hommes et pour les apprécier, daigna jeter un regard d'estime et de bienveillance sur les travaux de M. Gauthey ; celui-ci en reçut, dans diverses circonstances, plusieurs témoignages, qui devinrent pour lui la plus douce des récompenses et le plus puissant des encouragements. Il eut l'honneur d'être un des premiers inspecteurs généraux à qui l'aigle de la légion ait été accordée, et il la reçut des mains même de S. M. Peu

de temps avant sa mort, S. E. le Grand Chancelier lui avait annoncé sa nomination au grade de commandant de la légion d'honneur, et ces marques de considération de la part du chef du gouvernement étaient d'autant plus flatteuses, que celui qui les dispense sait apprécier par lui-même les talents qu'il encourage.

M. Gauthey, en qui l'extrême amour du travail était la passion dominante, ne s'était point borné à des objets relatifs à son état, il avait fait différentes études sur d'autres matieres, telles que l'administration des finances, et les langues. Il a laissé un projet très-étendu pour la formation d'une langue philosophique, destinée à devenir l'idiôme général des savants de toutes les nations, et dont la premiere idée est due à Leibnitz. On a quelquefois essayé de faire réussir des projets de cette espece; mais il n'est peut-être pas moins impossible de faire adopter un nouveau langage, que d'en composer un qui ne laisse rien à desirer.

Il avait rassemblé pendant toute sa vie les matériaux des ouvrages qu'on offre actuellement au public, et, à différentes époques, il avait tâché vainement d'y mettre la derniere main; ses occupations qui se succédaient, presque sans aucune interruption, et les affaires importantes dont il était chargé sans cesse, l'obligeaient à en différer l'impression de jour en jour. Cependant, comme la nouvelle organisation des Ponts et Chaussées, d'après laquelle le service des inspecteurs généraux avait un peu moins d'étendue et d'activité, lui permettait de disposer d'une plus grande partie de son temps, il allait enfin les faire paraître, lorsque la mort a mis un terme à ses travaux.

M. Gauthey était doué d'un tempérament très-robuste qui l'avait fait résister toute sa vie aux fatigues auxquelles il s'était exposé. Il se

livrait au travail à soixante et dix ans avec autant d'ardeur qu'à trente; et il en avait contracté une telle habitude, que le travail, nécessaire à sa constitution, semblait être devenu pour lui un besoin, et l'un des plus impérieux de tous.

Cependant l'excès de ce travail et le genre de vie qu'il exigeait, joints aux suites de quelques voyages faits en Provence, pendant la saison des chaleurs, lui avaient fait contracter une incommodité plus effrayante pour ses amis qu'elle ne paraissait dangereuse aux médecins. La force de son tempérament n'en paraissait pas altérée, il avait conservé tous les signes extérieurs de la santé : nous croyions sa perte encore bien reculée; et, dans un moment où nous étions loin de nous attendre au coup dont nous allions être frappés, M. Gauthey fut attaqué, au commencement de juin 1807, d'une retention d'urine qui l'enleva le 14 juillet suivant, après lui avoir fait souffrir des douleurs excessives qu'il supporta avec fermeté.

Il n'a pas été possible de faire mention dans cet écrit de tous les ouvrages de M. Gauthey, ni de toutes les constructions qui lui sont dues. Mais on ne veut point passer sous silence le grand pont qu'il a fait bâtir à Navilly, sur le Doubs, ni le château et l'église qu'il a fait élever à Chagny et à Givry, petites villes situées aux environs de Châlons. Il a parlé de cette église à l'occasion des réparations à faire au Panthéon, et il proposait, pour résister à la poussée du dôme, des moyens analogues à ceux qu'il y avait employés. L'effort de cette poussée se trouve entièrement reporté sur les murs extérieurs, tandis que le dôme semble uniquement soutenu sur huit colonnes isolées.

Nous n'oublierons pas ici les témoignages de confiance qu'a reçus M. Gauthey de MM. les propriétaires du canal de Briare, qui l'avaient

choisi pour leur conseil, et pour diriger les ouvrages qu'ils y font exécuter. Mais ce dont nous aimons sur-tout à conserver le souvenir, ce sont les sentiments d'affection et de reconnaissance que ses compatriotes ont montrés pour lui. La ville de Châlons qui, depuis la construction du canal du Centre, a pris de singuliers accroissements en étendue et en prospérité, n'a point oublié que c'est à M. Gauthey qu'elle en est redevable, et, après lui avoir donné pendant sa vie de nombreux témoignages de sa gratitude pour ce bienfait et pour les services qu'il n'a point cessé de lui rendre, elle fait actuellement exécuter son buste en bronze. La ville a voulu perpétuer, par un monument durable, la mémoire de l'homme auquel elle devait sa prospérité, et du savant qui l'avait illustrée.

M. Gauthey avait une aptitude singuliere au travail. Son esprit était d'une extrême justesse, et il ne s'occupait jamais d'une question ou d'une affaire, sans l'envisager sous toutes les faces, et sans tâcher de l'approfondir. Il apportait dans la discussion la netteté qu'il avait dans les idées. On a trouvé quelquefois que ses discours portaient un peu trop l'empreinte de l'énergie de son caractere : mais cette énergie ne se faisait plus sentir après la discussion, et elle cédait aussitôt la place à la bonté qui en faisait la base. Son style était simple comme ses mœurs, et il pensait que, pour les matieres qui l'occupaient ordinairement, il était plus essentiel de dire des choses vraies et neuves, que de les orner d'expressions recherchées. Nous ne parlerons point de ses mœurs si pures, ni de sa probité si austere ; ce serait louer, pour avoir rempli ses devoirs, un homme qui a toujours été au-delà.

Les traits dont nous venons de le peindre ont pu être remarqués par toutes les personnes qui l'ont connu, et chacune d'elles peut

rendre hommage à la vérité du portrait que nous venons de tracer. Qu'il nous soit permis d'en ajouter d'autres moins propres à frapper les regards du public, et qui ne pouvaient être saisis que par ceux qui vivaient dans son intimité. L'ame de M. Gauthey était remplie de la sensibilité la plus vive et la plus douce; il avait conservé, dans l'âge le plus avancé, ces émotions presque involontaires qui semblent n'appartenir qu'à la jeunesse, et qui se perdent ordinairement par l'effet de l'expérience et des soucis de l'âge mur. Il ne connaissait de délassement à ses travaux que dans la gaieté qu'il aimait à voir regner à sa table, et il cherchait lui-même à la faire naître. Son esprit aimable était plein de ressources; il contait volontiers, et nous l'avons vu rarement rappeler un trait relatif à des parents qu'il avait chéris, sans que ses yeux remplis de larmes ne dévoilassent l'émotion que lui causait leur souvenir. Il aimait le théâtre dont il avait fait autrefois un de ses délassements; et il ne lisait jamais une piece dont le sujet fût attendrissant, sans s'abandonner aux impressions que l'auteur avait voulu faire naître. Il était secondé par son épouse dans le bien qu'il aimait à faire, et dont son excellent cœur lui faisait un besoin. Beaucoup de personnes de leur famille et plusieurs étrangers en ont reçu de l'éducation et une existence. Mais, parmi les personnes qui leur doivent de la reconnaissance, aucune ne leur en doit plus que moi. Je suis entré dans le Corps des Ponts et Chaussées, par les soins et sous les auspices de mon oncle, ayant pour seul mérite le bonheur d'avoir été élevé sous ses yeux, et l'ardent desir de prouver que, s'il est difficile de mettre en pratique les leçons et les exemples qu'il a laissés, il est au moins impossible de les oublier entièrement.

TRAITÉ
DE
LA CONSTRUCTION
DES PONTS.

INTRODUCTION.

La plupart des architectes se sont principalement occupés de la décoration des monuments. Ils ont laissé dans leurs ouvrages peu de recherches sur la construction en général, et sur celle des ponts en particulier. Cependant ces édifices, qui à la vérité ne sont point susceptibles de recevoir une décoration très-variée, sont peut-être ceux qui présentent le plus de difficultés dans l'exécution, soit pour la maniere de les disposer dans les divers emplacements, soit pour l'établissement de leurs fondations, soit pour la construction de leurs voûtes. Les ponts, soumis comme tous les ouvrages de l'art aux effets inévitables du temps, ont encore à résister à l'action puissante du fluide qui tend sans cesse à les renverser, en minant les bases sur lesquelles ils reposent. Ces bases soutiennent des masses énormes, souvent fort éloignées de leurs points d'appui, et dont la construction est beaucoup plus difficile qu'elle ne le serait si le poids de ces masses agissait perpendiculairement.

La grande importance des ponts destinés à établir des communications entre les diverses parties d'un empire, à ouvrir des voies au commerce des différents peuples, et qui exigent presque toujours des dépenses considérables, doit les placer au premier rang des constructions dont le Gouvernement fait les frais. L'objet qui doit occuper essentiellement celui qui les exécute, est de leur donner une solidité à toute épreuve : la véritable économie consiste, pour les ouvrages publics, et sur-tout pour ceux d'architecture hydraulique, à leur procurer la plus longue durée possible. Mais s'il est essentiel de ne rien négliger pour arriver à ce but, il l'est également de ne point le passer : les dépenses occasionnées par l'établissement des ponts étant toujours considérables, on doit éviter toutes celles qui ne sont pas absolument nécessaires, ménager avec soin les fonds du Gouvernement, et lui laisser les moyens d'entreprendre la construction de ceux qui nous manquent encore, et dont il est souvent important de hâter l'établissement.

Parmi les architectes qui se sont occupés des ponts, Palladio est presque le seul qui soit entré dans quelques détails sur leur construction. Le peu qu'il en dit se borne à quelques maximes générales sur l'emplacement que l'on doit leur assigner de préférence, sur le nombre de leurs piles, et sur le rapport de l'épaisseur de ces piles avec l'ouverture des arches qu'elles soutiennent. Alberti et Serlio ont également proposé quelques regles pour déterminer cette épaisseur, mais aucun de ces architectes n'a allégué de raisons pour appuyer son sentiment, et le peu d'accord qui se trouve entre leurs préceptes suffit pour empêcher qu'on ne leur donne beaucoup de confiance.

Les ingénieurs les plus célebres du siecle dernier ont publié

des descriptions très-instructives des moyens qu'ils ont employés pour la construction des grands ponts dont ils ont dirigé les travaux. L'on doit regretter que ces intéressants ouvrages soient en trop petit nombre, et que le luxe avec lequel ils ont été publiés forme un obstacle à ce qu'ils soient aussi répandus qu'il serait à souhaiter qu'ils le fussent. Cependant les modeles qu'ils présentent, et qui fournissent des exemples de l'application des regles, laissent encore à desirer un ouvrage où les regles elles-mêmes soient exposées et discutées dans un ordre méthodique; c'est le but que l'on s'est proposé de remplir ici. En donnant sur ce sujet un essai assez étendu, l'on a espéré engager les ingénieurs à s'en occuper, et à former un corps de science qui nous manque.

Le seul livre dont l'auteur ait considéré sous un point de vue général la construction des ponts, est l'ouvrage de Gauthier, inspecteur général des ponts et chaussées, qui fut imprimé en 1728. A cette époque, les connaissances sur cette matiere étaient peu étendues, et il n'existait encore en France qu'un petit nombre de grands ponts bâtis avec soin. Cependant Gauthier traita de la plupart des objets qui les concernent; il saisit les différentes questions dont il fallait s'occuper, et proposa aux savants d'en chercher la solution. Une partie de ces questions a depuis été traitée par différents auteurs; mais aucun ne les a toutes embrassées, et il reste beaucoup de choses à dire sur chacune d'elles.

Les mémoires de l'Académie des sciences de Paris renferment les recherches les plus intéressantes qui aient été faites sur l'application de la mécanique à la construction des ponts, et sur-tout à celle des voûtes. MM. de la Hire, Bernoulli, Couplet, Bouguer, ont successivement examiné les effets des forces auxquelles leurs

différentes parties sont soumises, la forme qu'il conviendrait de leur donner pour que l'équilibre s'y maintînt, et l'épaisseur des culées qui sont destinées à résister à leur poussée. M. Bossut, dans des mémoires publiés en 1774 et 1776, et M. de Prony, dans son Architecture hydraulique, ont repris les mêmes questions d'une maniere plus générale, et ont encore ajouté aux travaux de leurs prédécesseurs.

Ces recherches analytiques sont malheureusement fondées sur des hypotheses que l'expérience dément journellement. Leurs auteurs ont presque toujours supposé qu'une voûte, à l'instant de sa rupture, se partageait en trois parties, et que celle du milieu, faisant l'effet d'un coin, tendait à écarter les deux autres, en glissant sans frottement sur les joints qui se séparaient. En examinant attentivement la maniere dont s'opere la rupture d'une voûte, l'on s'est aperçu que ce n'était point ainsi qu'elle avait lieu; et des expériences dirigées spécialement vers ce sujet ayant confirmé ces nouvelles observations, il faut abandonner les méthodes que l'on a suivies jusqu'ici, et qui conduisaient d'ailleurs à des résultats peu susceptibles de s'appliquer à la pratique.

Parmi les questions qui dépendent de la théorie des voûtes, la plus importante est celle de l'épaisseur que l'on doit donner aux culées. On s'en occupera après avoir examiné la forme qui convient dans les différents cas aux arches des ponts, et l'épaisseur qu'elles doivent avoir à la clef.

Cet ouvrage est divisé en quatre livres.

Le premier contient la description historique des principaux ponts en pierre, anciens et modernes, et particulièrement des ponts bâtis en France. On y a joint un état général de ceux des derniers dont la longueur de l'ouverture est au-dessus de vingt metres.

Le second comprend les principes généraux de l'établissement des ponts, la maniere de fixer les dimensions des parties de ponts en pierre, et celles des murs de soutenement des terres.

Le troisieme a pour objet les cintres, les ponts en bois et en fer, et les ponts mobiles.

Le quatrieme traite des détails des constructions, et de la formation des devis et des détails estimatifs.

On a adopté dans cet ouvrage le metre, ou la dix-millionieme partie du quart du méridien terrestre, pour l'unité de mesure des longueurs, des aires et des volumes (le metre est égal à 3 pieds et 11,396 lignes de la toise du Pérou, la température étant à 13 degrés du thermometre de Réaumur). Le gramme, ou le poids d'un centimetre cube d'eau distillée, prise à la température de la glace fondante, est l'unité de poids (le gramme équivaut à 18,82715 grains de l'ancien poids de marc). Quant aux angles, on a supposé le quart de cercle partagé en cent degrés. La seconde sexagésimale, ou la 86,400^{e} partie du jour moyen, est l'unité de temps.

TABLEAU

DES RAPPPORTS DES PRINCIPALES MESURES DE L'EUROPE AVEC LES MESURES ADOPTÉES EN FRANCE.

INDICATION DES MESURES.	RAPPORT DES MESURES AVEC LE METRE.	RAPPORT DES MESURES AVEC LE GRAMME.
MESURES ANTIQUES.		
Le pied romain antique	0,2977	
ANCIENNES MESURES FRANÇAISES.		
Le pied de roi	0,3248	
Le pouce de fontainier (son produit en met. cub. pendant 24 h.)	19,1952	
La livre, poids de marc		489,506
MESURES ANGLAISES.		
Le pied anglais ou *foot*	0,3049	
La verge d'Angleterre (*yard*)	0,9146	
La livre *troy*, de douze onces		372,919
La livre *avoir du poids*, de seize onces		453,495
MESURES ESPAGNOLES.		
La vare de Castille	0,8610	
Le marc de Castille		235,033
MESURES ITALIENNES.		
Le palme romain moderne	0,2234	
La canne des architectes à Rome (elle vaut dix palmes)	2,2339	
La livre romaine, de douze onces		339,191
Le palme de Naples	0,2628	
La livre de douze onces, à Naples		320,760
Le *rotolo*, à Naples		891,001
Le bras, ou pied géographique, à Florence	0,5819	
La livre de Florence		339,510
Le pied de Venise	0,3467	
La *libra grossa*, à Venise		477,476

INDICATION DES MESURES.	RAPPORT DES MESURES AVEC LE METRE.	RAPPORT DES MESURES AVEC LE GRAMME.
La livre, *peso sottile*, à Venise		301,480
Le pied *liprando* à Turin	0,5137	
Le marc de Turin		245,936
Le *braccio di fabrica*, à Milan	0,5955	
MESURES ALLEMANDES.		
Le pied du Rhin, à Leyde	0,3140	
Le palme ou pam rhinlandique	0,3297	
Le pied de Dresde	0,2831	
Le pied de Prague	0,2964	
Le pied de ville, à Nuremberg	0,3049	
Le marc de Bruxelles (poids de Troyes)		245,868
Le pied de Brandebourg	0,3097	
Le marc de Berlin, de seize loths		234,130
Le pied de Vienne en Autriche	0,3161	
Les seize loths, poids de commerce, à Vienne		280,021
Les seize loths, poids des monnaies, à Vienne		280,552
Le pied d'Amsterdam	0,2830	
Le pied de Suisse	0,3000	
MESURES DANOISES.		
Le pied de Dannemarck, égal au pied du Rhin à Leyde	0,3140	
Les seize loths, poids des orfévres		235,741
Les seize loths, poids des marchands		249,772
MESURES SUÉDOISES.		
Le pied de Suede	0,2971	
La livre suédoise, de trente-deux loths		424,919
MESURES RUSSES.		
Le pied à Pétersbourg	0,3542	
L'arschine de Russie	0,7179	

LIVRE PREMIER.

DESCRIPTION HISTORIQUE

DES PRINCIPAUX PONTS EN PIERRE

BATIS PAR LES ANCIENS ET LES MODERNES.

Aussitôt que la population s'est étendue dans un pays, les hommes ont cherché à communiquer entre eux, malgré les obstacles que leur présentaient les grandes rivieres. Il est vraisemblable qu'ils les ont traversées long-temps avec des radeaux ou des bateaux. Mais des arbres couchés sur un ruisseau ayant offert des facilités pour le franchir, ont pu faire naître l'idée d'appliquer ce moyen à traverser les fleuves, en enfonçant, dans leur lit, des pieux placés à divers intervalles, ou en bâtissant des piliers destinés à soutenir, de distance en distance, les arbres qui devaient établir la communication.

Le peu de durée d'une construction de cette espece engagea sans doute à tâcher d'employer des matériaux plus susceptibles que le bois de résister aux causes de destruction auxquelles ils se trouvaient exposés. Cependant l'on voit par les anciens monuments que l'Egypte et la Grece offrent encore en grand nombre,

qu'il s'écoula un temps assez long avant que l'on parvînt à construire des voûtes. Ainsi, les intervalles entre les différents points d'appui sur lesquels on faisait reposer le pont, ont d'abord été peu considérables, et les planchers presque toujours faits en bois, ou composés à la maniere des Egyptiens, de longues pierres soutenues par des piliers placés à des distances convenables. Le pont élevé par Sémiramis, à Babylone, était, suivant quelques historiens, construit de cette maniere.

L'histoire fait mention de plusieurs grands ponts bâtis par différents souverains, tels que Darius, Xercès, Pyrrhus. Mais ceux dont elle a transmis les dimensions sont en très-petit nombre. On peut placer, parmi ces derniers, le pont de l'Euphrate, sur la longueur duquel on est loin de s'accorder, et dont il ne reste plus aucun vestige. Quelques auteurs fixent cette longueur à deux cents metres environ : Diodore de Sicile la porte à plus de mille metres, ce qui paraît mieux s'accorder avec la grande distance à laquelle ce pont se trouvait placé de la source du fleuve.

Le pont bâti par Trajan, sur le Danube, est le plus considérable et le plus célebre de tous ceux qui ont été construits en Europe. Il en subsiste encore quelques restes près de l'ancienne Nicopolis, dans un lieu où le Danube est à la fois très-resserré et très-profond. Ce monument immense subsista fort peu de temps : Trajan l'avait élevé pour servir de passage à ses armées, qui devaient aller combattre les Daces ; Adrien le détruisit pour mettre un obstacle aux irruptions de ces barbares.

César décrit dans ses Commentaires un pont qu'il fit élever sur le Rhin. Cet ouvrage fut construit en dix jours ; il était en bois, placé près du lieu où la Meuse se jette dans le Rhin, et

devait uniquement servir de passage à l'armée (1). Sa longueur totale ne devait pas, d'après son emplacement, être moindre de six à sept cents metres, et sa construction a dû employer environ soixante-quinze mille journées d'ouvriers; ce qui revient à sept mille cinq cents hommes pendant dix jours, et ce qui n'était pas impossible chez les Romains où les soldats, et surtout les prisonniers de guerre, travaillaient aux ouvrages publics.

Avant le douzieme siecle de l'ere chretienne, l'Italie seule offrait une quantité considérable de ponts bien construits. Les monuments élevés par les Romains, et qui ont en grande partie résisté aux efforts du temps, fournissent des modeles que les architectes de cette contrée ont assez exactement suivis. Mais dans le siecle dernier, la France a surpassé tous les autres pays de l'Europe, par le nombre et la grandeur de ses ponts; les ingénieurs français ont élevé des ouvrages d'une hardiesse et d'une perfection dont les restes de l'antiquité n'avaient pu donner aucune idée.

On a rassemblé sur une même échelle les dessins d'un assez grand nombre de ponts anciens et modernes, et l'on s'est plus particulièrement occupé de ceux qui ont été construits en France. On a cherché sur-tout à réunir les projets des ingénieurs les plus célebres, afin de donner une idée des principes d'après lesquels chacun d'eux a travaillé. A l'égard des ponts etrangers, l'on a représenté en entier les plus connus et les plus intéres-

(1) La construction de ce pont était assez légere. Chaque palée était composée de deux couples de pieux inclinés, battus à environ douze metres de distance par le bas, et réunis de l'aval à l'amont par une poutre. Un autre pieu plus incliné servait en aval d'arc-boutant. La longueur des travées, dont il n'est pas fait mention, ne pouvait guere excéder six à sept metres, puisque les solives dont le plancher devait être composé, n'étaient pas soutenues par des contre-fiches.

sants; et, quant aux autres, on en a seulement dessiné ce que l'on a jugé nécessaire pour en faire prendre une idée. On a joint aux descriptions et aux dessins de ces ponts ceux des principaux aqueducs : cette espece d'ouvrage se rapproche de ceux qui font l'objet de ce Traité; plusieurs sont réunis à des ponts, et l'on y rencontre des exemples d'une hardiesse d'exécution que les ponts offrent plus rarement.

Les dimensions et les dessins des ponts étrangers ont été pris dans différents auteurs, et particulièrement dans un ouvrage allemand, imprimé en 1753, ayant pour titre : *Théâtre historique des Ponts, par C. C. Schramm.* Les dessins des ponts français ont été extraits, en grande partie, d'une collection que M. Cretet, directeur général des ponts et chaussées, actuellement ministre de l'Intérieur, a fait rassembler par les ingénieurs de différents départements de l'empire. C'est encore d'après cette collection que l'on donnera un état général des ponts de la France, classés dans l'ordre des rivieres sur lesquelles ils sont construits.

CHAPITRE PREMIER.

DES PONTS ÉTRANGERS.

SECTION PREMIERE.

ANCIENS PONTS D'ITALIE.

Pont Emilius, à Rome, sur le Tibre (Pl. I, fig. 19.)

Ce pont, nommé aujourd'hui *Ponte Mole*, a été bâti sous Sylla, à un mille et demi de Rome, environ cent ans avant J. C. Il est le plus ancien de tous ceux qui subsistent tels qu'ils étaient lors de leur premiere construction. Il est composé de sept arches, de 15,6 à 23,7 metres d'ouverture, qui offrent ensemble un débouché de 126 metres de longueur; la largeur, d'une tête à l'autre, est de 8,77 metres. Ce pont, dont la construction est lourde, n'est guere remarquable que par son antiquité. Il est placé près du champ de bataille où Constantin vainquit Maxence.

Pont Salaro, à Rome, sur le Teverone. (Pl. I, fig. 12.)

Cet ouvrage, composé de trois arches en plein cintre, de 16,6 à 21 metres, et de deux arches plus petites, de 6,8 metres, fut élevé sous Tarquin l'ancien, six cents ans avant J. C., et fut restauré sous Justinien, en 570. La largeur, d'une tête à l'autre, est

de 8,77 metres. Les pierres qui composent ses voûtes sont extrêmement grosses, et forment des bossages. Il fut, dit-on, le théâtre du combat de Manlius Torquatus et du Gaulois auquel il enleva son collier d'or.

Pont des Sénateurs, à Rome, sur le Tibre. (Pl. I, fig. 8.)

Le pont des Sénateurs, que l'on nomme aujourd'hui *Ponte Rotto,* et qui est le premier pont construit en pierre à Rome, a été bâti par Caius Flavius Scipio, cent vingt-sept ans avant J. C. Il avait été reconstruit presque en entier en 1575, par Grégoire XIII, mais il fut en grande partie renversé en 1598 par une crue du Tibre, et il n'en reste plus qu'une arche entiere assez bien conservée pour donner une idée de sa magnificence. Les piles étaient formées par de larges piédestaux ornés d'un mufle de lion tenant un anneau de métal ; elles offraient des niches ornées de colonnes. La voûte de l'arche, composée d'un rang de voussoirs extradossés sur une égale épaisseur, est accompagnée par un archivolte dont quelques moulures sont taillées en raies-de-cœur et décorées d'un grand caisson où l'on a sculpté deux chevaux marins groupés par des arabesques d'une très-belle exécution. Son ouverture est de 24,36 metres, et la largeur du pont était de 13 metres.

Pont de Rimini. (Pl. I, fig. 7.)

Ce monument a été élevé par Auguste. Palladio le regarde comme le plus beau de tous les ponts qu'il ait vus; et la plupart des projets qu'il a donnés n'en sont effectivement que des copies.

Il est composé de cinq arches en plein cintre; les deux extrêmes ont 7,14 metres d'ouverture, et les trois intermédiaires 8,77 metres. L'épaisseur des piles est presque égale à la moitié du vide des arches. Elles sont formées par un piédestal qui s'éleve à 4 metres de hauteur au-dessus de l'eau, et qui est surmonté par des niches accompagnées de colonnes qui supportent un fronton. La corniche qui couronne le pont est soutenue par des modillons d'un très-bon goût.

Pont Janicule, à Rome, sur le Tibre. (Pl. I, fig. 21.)

Ce pont, un des premiers bâtis à Rome, a été plusieurs fois renversé. Sixte IV le fit relever en 1478, et il porte actuellement son nom. Il est composé de trois arches de 25,4 metres d'ouverture chacune. Les avant et arriere becs n'occupent point toute la largeur des piles. Celles du pont est de 23,39 metres.

Pont Fabricius et Pont Sestius, à Rome, sur le Tibre. (Planche I, fig. 2 et 3.)

Ces ponts sont situés à Rome, sur les deux bras du Tibre qui embrassent l'île Saint-Barthélemi. Le premier a été réparé en 1680, par le pape Innocent XI : le second, en 380, sous les empereurs Valens et Valentinien. Le pont Sestius est composé d'une seule arche de 24,36 metres d'ouverture. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 15,43 metres. Les deux arches du pont Fabricius ont 25,34 metres. On a pratiqué dans la pile, qui les sépare, un passage accompagné de pilastres ; la corniche qui surmonte le pont est ornée de mutules. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 15,6 metres.

Ces deux ponts ont été fondés, dit-on, dans un mauvais terrain, par le moyen d'un enrochement composé d'arcs droits et renversés, appareillés avec soin en pierres de taille. Piranese donne les détails de cette construction remarquable, mais on ne prétend point en garantir l'authenticité.

Pont Saint-Ange, sur le Tibre, à Rome. (Pl. I, fig. 4.)

Ce monument magnifique, qui portait autrefois le nom de pont Elius, fut construit l'an 138, par Adrien, vis-à-vis le superbe tombeau qu'il s'était fait élever. Les piles (fig. 4 *bis*) étaient surmontées de huit colonnes colosales portant des statues de bronze: ces colonnes furent détruites pendant les troubles de l'Italie; et une grande foule occasionnée par une procession de jubilé, ayant fait tomber les parapets dans le Tibre, le pape Clément IX les fit relever en 1668, sur les dessins du Bernin. Ils furent alors décorés de piédestaux de marbre blanc portant dix statues colossales d'anges. Les arches en plein cintre, de 7,75 à 19,5 d'ouverture, sont décorées d'archivoltes; elles forment un débouché de 113 metres de longueur. La largeur du pont Saint-Ange est de 15,5 metres.

Pont Mammea, sur le Teverone, près de Rome. (Pl. I, fig. 13.)

Cet ouvrage, situé à quatre mille de Rome, et composé de trois arches de 16,2 metres et 19,5 metres d'ouverture, a été élevé par Antonin-le-Pieux, vers l'an 147, et restauré l'an 229, par Mammea, mere d'Alexandre-Sévere, qui lui a laissé son nom. Les piles sont

évidées dans la partie supérieure où l'on a pratiqué des ouvertures circulaires. Le cerveau de l'arche du milieu est orné d'un caisson où l'on a sculpté une aigle romaine tenant un foudre dans ses serres, et entourée d'une couronne de laurier. La corniche est soutenue par de grandes consoles. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 8,93 metres.

Piranèse a donné la plupart des dessins des ponts que l'on décrit ici.

Pont Berghette, sur le Tibre, à Rome. (Pl. I, fig. 9.)

Le pont Berghette est composé de quatre arches de 14,94 metres d'ouverture chacune. La partie supérieure des piles (fig. 9 *bis*) est évidée, et présente des ouvertures circulaires comme dans le précédent.

Pont sur le Bachiglione, près de Vicence. (Pl. I, fig. 11.)

Cet ouvrage, composé de trois arches, dont l'une a 21 metres, et les deux autres 16,9 metres d'ouverture, est un des plus beaux ponts de l'Italie. Les piles sont décorées par des niches renfermant des statues, et accompagnées de deux colonnes composites que surmonte un fronton. La corniche du pont, de niveau sur l'arche du milieu, et inclinée sur les deux autres, est soutenue par de forts modillons, taillés en doucine. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 16,89 metres.

Pont antique, à Vicence. (Pl. I, fig. 16.)

Ce pont a été décrit par Palladio. L'arche du milieu, qui a 10,56 metres d'ouverture, est très-ancienne; les deux autres sont modernes; leur ouverture est de 7,9 metres; la largeur des piles est de 1,76 metres; celle du pont, d'une tête à l'autre, est de 8,4 metres. La fleche des arcs de cercle suivant lesquels les arches sont décrites, est les deux tiers de leur diamètre. Elles sont ornées par des archivoltes. La corniche est soutenue par des modillons.

Pont Pilantio, sur le Teverone, près de Rome. (Pl. I, fig. 15.)

Ce pont, construit sur le chemin de Tivoli, est composé de trois arches en arc de cercle. L'épaisseur des piles est le quart de l'ouverture des arches; elles n'ont point d'avant-becs. Il est construit avec de très-grosses pierres. La longueur totale est de 52 metres.

Pont et Aqueduc de Spolette. (Pl. IV, fig. 66.)

Cet ouvrage a été bâti près de la ville qui porte le même nom, en 741, par Théodoric, roi des Goths. Il est composé de dix grandes arches gothiques, ayant chacune 21,44 metres d'ouverture, et soutenus par des piles de 3,57 metres d'épaisseur. Les arches du milieu, placées au-dessus du torrent de la Moragia, ont plus de 100 metres de hauteur. Les autres sont beaucoup moins élevées, les deux coteaux sur lesquels elles sont bâties étant fort rapides. Sur le bord du pont, du côté d'amont, trente petites arcades

gothiques soutiennent un aqueduc qui sert à porter les eaux dans la ville. Ce monument, d'une exécution très-hardie, et bâti en pierres très-dures, subsiste encore en entier. Sa longueur totale est de 247 metres; sa largeur est de 13 metres.

Pont et Aqueduc de Civita-Castellana.
(Pl. IV, fig. 65.)

Cet ouvrage fait partie d'une chaussée construite environ 400 ans avant J. C., pour arriver à la ville de Castellana. Cette chaussée, de 250 metres de longueur sur 10 metres de largeur et 39 metres de hauteur, est percée vers le milieu de neuf grandes arches, chargées d'environ 4 metres d'épaisseur de terre. Les trois arches du milieu ont 26,6 metres d'ouverture; les autres 19,5 metres. Quelques piles sont consolidées par des contreforts, d'autres par des arcs-boutants dont la base est isolée.

Pont sur la Cremera, à Civita-Castellana.
(Pl. I, fig. 18.)

Ce pont, célebre pour avoir été le lieu où les Véiens remporterent un avantage sur les Fabiens, 477 ans avant J. C., est construit en brique, en pierre et en marbre. Il est composé de trois arches. Celle du milieu a 22,7 metres d'ouverture, et les deux autres 15,3 metres. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 10,4 metres. Sa fondation est établie sur un radier, à raison de la mauvaise qualité du terrain, et ce radier est formé par des arcs renversés, de même ouverture que les arches du pont.

Pont de Trajan, sur le Danube. (Pl. IV, fig. 69.)

Cet ouvrage colossal, le plus magnifique des ponts construits en Europe, fut élevé sous Trajan, par Apollodore de Damas, son architecte, vers l'an 120. La rapidité et la profondeur du courant, dans le lieu où il fut élevé, ajouterent aux difficultés du travail. On construisit un radier général par le moyen de grands bateaux chargés de pierres, de chaux et de sable, que l'on fit échouer dans le fond du fleuve ; des sacs de toute grosseur, remplis des mêmes matériaux, servirent à garnir les intervalles et à former des jetées : c'est sur cette base que les piles furent établies. Le pont était composé de vingt arches en plein cintre, de 55 metres d'ouverture. Leurs naissances étaient élevées à 14 metres de hauteur au-dessus des eaux moyennes. L'épaisseur des piles était de 19,5 metres. Il avait 26 metres de largeur. Les pierres qui servirent à construire ce pont étaient énormes ; mais, ainsi qu'on l'a dit ci-dessus, il fut détruit peu de temps après sa construction. On en voit encore quelques piles, avec les naissances des arches qu'elles supportaient.

Pont près de Terni, sur la Nera. (Pl. IV, fig. 68.)

Ce pont, dont il existe encore des ruines, était composé de dix-sept arches, de 40 metres d'ouverture. Ses piles avaient 8,45 metres d'épaisseur, et 34 metres d'élévation jusqu'aux naissances. Sa longueur totale était de 790 metres, et sa largeur de 9,7 metres. Il était construit avec de grands blocs de pierre, et les piles n'étaient point accompagnées d'avant-becs. On y remarque la fondation de piles intermédiaires qui partageaient l'ouverture

de chaque arche en trois parties, et qui, destinées probablement à soutenir les cintres pendant la construction de la voûte, ont été démolies par la suite. Le pont est sans parapets ; et il y avait à leur place des bornes de marbre blanc, entre lesquelles il paraît que l'on suspendait des chaînes pour servir de garde-corps.

Pont de Capo-Dorso. (Pl. I, fig. 6.)

Ce pont, que l'on croit avoir été bâti en Sicile par les Romains, est composé d'une seule arche en plein cintre, de 29,24 metres d'ouverture. Son peu de largeur peut faire douter qu'il soit de construction romaine ; cette largeur est seulement de 5,2 metres.

Aqueduc de Claude, près de Rome. (Pl. IX, fig. 10.)

Les Romains avaient construit une quantité prodigieuse d'aqueducs, pour conduire des eaux à Rome. Leur longueur totale était de plus de 40 myriametres, et 4 à 5 myriametres étaient portés sur des arcades. La plupart de ces constructions, qui toutes se ressemblent, sont faites en brique. Léon X et Sixte-Quint en ont rétabli plusieurs. L'aqueduc de Claude, dont il existe des restes assez considérables, est formé par des arcades de 6,31 metres d'ouverture.

SECTION II.

PONTS MODERNES D'ITALIE.

Pont couvert, à Pavie, sur le Tesin. (Pl. I, fig. 24.)

Ce pont, de construction gothique, est bâti en brique. Il est composé de sept arches égales, de 21,4 metres d'ouverture chacune, sur 19,5 metres de hauteur. On a donné aux piles, dont la largeur est de 4,87 metres, une forme arrondie, plus alongée à l'amont qu'à l'aval (fig. 24 *bis*). Les tympans des arches sont évidés, de maniere à présenter un triangle curviligne dont deux côtés sont paralleles à l'intrados des voûtes. De cette maniere, la charge est presque entièrement supportée par leurs clefs.

Les piles sont chaperonnées en marbre blanc; les arches sont ornées d'un archivolte, et le pont est surmonté d'une balustrade gothique de la même matiere, travaillée avec toute la légéreté imaginable : chaque trottoir est en outre recouvert par une voûte en tiers-point, supportée par deux rangs de petites colonnes de marbre de couleur, de 24 centimetres de diametre, espacées à 4,38 metres, et dont les bases et les chapiteaux sont de marbre blanc. Ces voûtes, dont le cerveau est couvert d'arabesques rehaussées en or sur un fond azur, soutiennent deux terrasses sur lesquelles on monte par des escaliers placés aux extrémités du pont.

Ce bel ouvrage a été bâti sous Galéas Visconti, duc de Milan. C'est à ce prince que cette ville doit aussi sa chartreuse, son hôpital et son lazareth.

Pont couvert, à Florence, sur l'Arno. (Pl. I, fig. 1.)

Ce pont est composé de trois arches en arc de cercle. Celle du milieu a 29,89 metres d'ouverture, et les deux autres 29,56 metres. Il est surmonté par des galeries formées par des piliers carrés qui supportent des arcades en plein cintre. Cet ouvrage est un des premiers ponts modernes où l'on ait employé, pour la forme des arches, un arc de cercle dont les naissances sont placées près du niveau des hautes eaux. Il a servi de modele, ainsi que le pont de la Boucherie, à Nuremberg, à ceux qui ont été élevés en France, sur la fin du siecle dernier. L'épaisseur des voûtes et la clef est de 1,62 metres.

Pont de la Sainte-Trinité, à Florence, sur l'Arno. (Pl. I, fig. 5.)

Cet ouvrage est formé par trois arches en anse de panier, dont la hauteur est le sixieme du diametre. L'arche du milieu a 32,48 metres d'ouverture, et les deux autres 27,29 metres. Les piles ont 8,12 metres d'épaisseur, et présentent des piédestaux élevés sur un socle. Ce pont est principalement remarquable en ce que les voûtes sont construites en moellons.

Pont de marbre, à Florence, sur l'Arno. (Pl. I, fig. 17.)

Ce pont, bâti par Michel-Ange, est composé d'une seule arche en arc de cercle, de 42,23 metres d'ouverture, et de 9,1 metres de fleche. Sa largeur est de 11 metres. La voûte n'a que 1,62 metres

d'épaisseur à la clef, et la corniche a été taillée dans les voussoirs, après l'affaissement de l'arche. Le parapet du pont est formé par des balustres ; cet ouvrage est d'une telle délicatesse, qu'à une grande distance, l'épaisseur du pont à la clef disparaît à la vue. La largeur est de 11 metres, d'une tête à l'autre.

Pont de Rialto, à Venise. (Pl. I, fig. 25.)

Ce pont, bâti en 1578, par Michel-Ange, est composé d'une seule arche, de 29,56 metres d'ouverture, et de 6,28 metres de fleche. Il est construit en marbre. Les trottoirs sont supportés en encorbellement, et accompagnés de balustres. Il regne des deux côtés, en deça des trottoirs, deux rangs de boutiques formées par des arcades de marbre. L'intervalle qui les sépare est partagé en trois passages : celui du milieu est plus large que les deux autres. Ce pont n'est point destiné au passage des voitures, parce qu'à Venise, tous les transports se font par eau ; aussi les rampes en sont fort rapides, et on les monte par le moyen d'escaliers en marbre.

Pont de Vicence. (Pl. I, fig. 23.)

Cet ouvrage ressemble au pont de Rialto. La pente est encore plus forte, et l'on n'y passe également qu'à pied. Il est composé d'une seule arche en arc de cercle, de 30,86 metres d'ouverture, et de 9,10 metres de fleche.

Pont Corvo. (Pl. I, fig. 22.)

Cet édifice est construit sur le torrent de la Melza, près d'Aquino. On tenta vainement dans le quatorzieme siecle de bâtir un pont

dans cet emplacement; la mauvaise qualité du terrain, et la rapidité du torrent pendant les crues, rendirent inutiles toutes les tentatives des rois de Naples. Stephano del Piombino proposa enfin de le construire sur un plan circulaire, dont le sommet fût opposé à l'action du courant, et l'on adopta son projet, parce que l'on pensa que cette forme assurerait la solidité de l'ouvrage.

Le pont est établi sur un radier général fait en enrochement et dont la surface est placée à 2 metres environ sous les eaux moyennes. Les têtes de ce radier sont en gros blocs de pierres cramponnés et défendus en aval par plusieurs files de pieux. La base des piles est formée par quatre assises, composées de pierres de 4 à 5 metres de longueur également cramponnées, et présentant de larges retraites. On a donné, comme on vient de le dire, une forme circulaire au radier. Il est tracé suivant un arc de cercle égal au sixieme de la circonférence, et de 176 metres de rayon. Les arches sont au nombre de sept; elles ont depuis 22,7 metres, jusqu'à 28,6 metres d'ouverture. L'épaisseur des piles varie de 3,25 metres à 3,9 metres. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 13,6 metres.

Le torrent étant presqu'à sec une partie de l'année, on put faire entièrement le radier dans une seule campagne; l'on y employa un grand nombre d'ouvriers, et même des troupes. L'année suivante, on éleva les piles au-dessus des eaux moyennes. Stephano mourut avant la fin de cet ouvrage; son fils Augustino lui succéda, et fut aidé par Joconde de Vérone, qui fut depuis appelé à Paris pour construire le pont Notre-Dame. Le pont fut fini en 1505.

La solidité de cet édifice ne tient nullement à la forme circulaire que l'on a donnée à son plan, mais uniquement à la construction de son radier. Ce radier eût également résisté à l'action du courant,

s'il avait été dirigé suivant une ligne droite, puisque s'il arrivait quelques dégradations dans un ouvrage semblable, elles ne pourraient être que partielles, et il serait impossible que le pont fût emporté d'une seule piece, comme cela pourrait arriver pour une digue de 10 à 12 metres de longueur. La disposition que l'on a adoptée, a eu l'inconvénient d'obliger à donner aux piles des directions inclinées relativement au courant de l'eau, ce qui fait éprouver plus de résistance à ce fluide, et nuit par conséquent à la solidité du pont.

Pont Felice, à Rome, sur le Tibre. (Pl. I, fig. 14.)

Ce pont a été bâti en 1587, sous Sixte-Quint, par Dominique Fontana. Il est composé de cinq arches inégales, en plein cintre, qui ont depuis 17,9 metres jusqu'à 21,4 metres d'ouverture. On a sculpté sous l'intrados de la plus grande un bas-relief représentant un lion tenant un foudre, tandis que des brebis paissent et que des loups s'enfuient. Sous les autres arches, les bas-reliefs représentent un lion tenant une branche chargée de fleurs et de fruits, avec la devise : *de forte egressa est dulcedo.*

Pont de Vérone, sur l'Adige. (Pl. I, fig. 20.)

Cet ouvrage est composé de trois arches de 11 metres, de 15,27 metres et de 48,73 metres d'ouverture. Il n'est remarquable que par la derniere, qui est la plus grande arche qui se trouve en Italie.

Pont sur la Marachia. (Pl. I, fig. 10.)

Cet ouvrage se trouve auprès de Rimini. Il est composé de cinq

arches de 7,1 metres à 8,8 metres d'ouverture. La partie supérieure des piles est décorée de niches et de colonnes supportant des frontons.

Aqueduc de Cazerte, près de Naples. (Pl. IX, fig. 2.)

Cet aqueduc, bâti par Vanvitelli en 1753, est destiné à conduire des eaux au palais de Cazerte, appartenant aux rois de Naples. Il est composé de trois étages d'arcades de 6,5 metres d'ouverture, soutenus sur des piliers de 4,9 metres d'épaisseur; la plus grande hauteur est de 45,7 metres. Sa construction, à l'exemple de quelques édifices antiques, offre deux assises de moellons de 16 centimetres d'épaisseur, entre lesquelles on a placé trois assises de briques formant une hauteur égale. Ces matériaux sont unis par un mortier de ciment fort dur.

SECTION III.

PONTS D'ANGLETERRE.

Le vieux Pont de Londres, sur la Tamise. (Pl. II, fig. 26.)

Ce pont, commencé en 1176, est le plus ancien des trois ponts qui existent à Londres. Il est composé de neuf grandes arches de 18,5 metres à 19,5 metres d'ouverture, et de deux petites. Leur ouverture totale est de 185 metres. Toutes ces arches sont de forme gothique; et les piles qui les supportent ont beaucoup d'épaisseur : la largeur de quelques-unes est plus de la moitié de l'ouverture

des arches. Ce pont a été détruit en partie, et rétabli aux frais du roi et de la ville.

Pont de Westminster, sur la Tamise, à Londres. (Pl. II, fig. 17.)

Ce pont a été commencé en 1738, et achevé en 1750 par M. de la Belie. Cet ingénieur employa des caissons pour le fonder; et cette méthode qui depuis a été transportée en France, et perfectionnée par M. de Cessart, inspecteur général des ponts et chaussées, fut alors appliquée pour la premiere fois à la fondation d'un pont. Le fond était composé de pierres, cailloux et gravier; il fut dragué et mis de niveau dans l'emplacement de chaque pile, à 2 metres de profondeur au-dessous des plus basses eaux. On forma un entourage de pieux battus avec une sonnette à déclic, dont le mouton, soulevé par trois chevaux, pesait 600 kilogrammes, et dont la disposition était si avantageuse, qu'en tombant d'une hauteur de 6 à 7 metres, il battait soixante-dix coups par heure.

Ces pilots furent recépés à deux metres de profondeur sous les plus basses eaux, par le moyen d'ue scie mise en mouvement par des cordes; l'on n'avait pas besoin, relativement au niveau des têtes des pieux, d'une précision aussi grande que dans le cas où ils doivent porter le caisson. Ce caisson fait en sapin et ayant environ 26 metres de longueur sur 10 metres de largeur et 5,2 metres de hauteur, fut échoué sur le terrain.

L'une des piles tassa d'environ 30 centimetres après la construction des deux arches voisines. Pour remédier à cet accident, les deux arches furent cintrées et démontées; et l'on chargea la pile d'un poids assez considérable. Pendant le premier mois qui suivit

cette opération, elle baissa de 13 à 14 centimetres ; et, dans les quinze jours suivants, le tassement étant devenu insensible, l'on reconstruisit les arches, en prenant seulement la précaution de décharger les reins par le moyen d'arcs appuyés sur les deux voûtes. Huit ans après, l'on ne s'était aperçu d'aucun mouvement.

Les piles du pont de Westminster n'ont pas la moitié de l'épaisseur de celles du vieux pont : cette épaisseur est environ le cinquieme de l'ouverture des arches, qui varie de 16,6 à 23,4 metres. La longueur totale du débouché est de 269 metres. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 14,6 metres.

M. de la Belie a publié, en anglais, la description des méthodes qui ont servi à la construction de ce pont : cet ouvrage a été traduit en français par M. de Montigny.

Pont de Black Friards, sur la Tamise, à Londres. (Pl. II, fig. 28.)

Cet ouvrage a été construit en 1776, par M. Mylne. Il est composé de neuf arches, de 22,09 metres à 29,56 metres d'ouverture. La longueur totale du débouché est de 235 metres : l'épaisseur des piles est environ le quart de l'ouverture des arches. Elles sont décorées de deux colonnes qui supportent un entablement. Le parapet est orné de balustres.

Pont de Kiou, sur la Tamise. (Pl. II, fig. 30.)

Ce pont est composé de cinq arches de 13 à 18,8 metres d'ouverture, qui forment ensemble un débouché de 74,71 metres de longueur. L'épaisseur des piles n'est guere que le huitieme de l'ouverture des arches. Leur avant-bec est formé par une colonne

surmontée d'un chapiteau, qui se raccorde avec la corniche du pont.

Pont de Hennelay, sur la Tamise. (Pl. II, fig. 32.)

Ce pont a été construit en 1784. Il est composé, comme le précédent, de cinq arches de 9,7 à 13 metres d'ouverture; elles forment ensemble un débouché de 56 metres de longueur. L'épaisseur des piles est un peu plus du quart de l'ouverture des arches. Les archivoltes des arches sont soutenues par des modillons.

Pont sur le Taf. (Pl. II, fig. 33.)

Cet ouvrage, situé dans la principauté de Galles, est construit en brique. Il est composé d'une seule arche de 41 metres d'ouverture. Les reins de la voûte présentent de chaque côté trois petites ouvertures circulaires. La pente du pavé est de 25 centimetres par metre.

Pont de Bleinheim. (Pl. II, fig. 31.)

Ce pont, situé dans la province d'Oxfort, a été bâti sur un canal dans les jardins du fameux château de Bleinheim, élevé sur les dessins de Jean Waesbruck, qui fut donné par le Parlement d'Angleterre au duc de Marlborough, en reconnaissance de la victoire d'Hochstet. Il est extrêmement décoré, et est accompagné de divers logements. Son ouverture est de 30,2 metres.

Pont d'Essex, à Dublin, sur la Liffi. (Pl. II, fig. 29.)

Ce pont est composé de cinq arches en plein cintre, de 10,4 à 11,4 metres d'ouverture. L'épaisseur des piles est environ le tiers

de l'ouverture des arches qui forment ensemble un débouché de 52,6 metres de longueur. La décoration de ce pont est à-peu-près semblable à celle du pont de Westminster.

SECTION IV.

PONTS D'ALLEMAGNE.

Pont de Dresde, sur l'Elbe. (Pl. III, fig. 38.)

Ce pont a été restauré de 1727 à 1731 par Poepelmann, sous le regne d'Auguste, électeur de Saxe et roi de Pologne. D'anciennes piles, l'ouvrage des 12e et 13e siecles, et dont la dépense avait été en partie payée avec des indulgences, servirent de noyau à celles qu'il fit rétablir. Elles étaient d'abord au nombre de vingt-quatre ; mais plusieurs furent emportées à différentes fois ; et quand on étendit les fortifications de Dresde jusqu'à l'Elbe, on en détruisit quelques-unes. Le pont est maintenant composé de dix-huit arches. Elles sont distribuées sans ordre, et l'on n'en peut être étonné, d'après la maniere dont elles ont été construites. La longueur totale du pont est de 441 metres. La largeur de la chaussée est de 7,63 metres et celle des trottoirs de 1,41 metres.

Malgré ses irrégularités, ce pont, l'un des plus longs qui soient en Europe, puisque le pont du Saint-Esprit et le pont de Prague, sont les seuls dont la longueur surpasse la sienne, peut aussi être regardé comme l'un des plus beaux. Les piles en sont fort épaisses ; la largeur de quelques-unes est presqu'égale à l'ouver-

ture des arches : elles s'élevent à la hauteur des trottoirs du pont, et présentent des plates-formes dont on a profité pour placer des bancs (fig. 38, n° 2). On voit sur l'une d'entre elles un monument religieux, consistant dans un Christ en bronze, richement doré, et porté sur un Calvaire. Le parapet est formé par une grille retenue sur chaque pile par des piédestaux surmontés par des vases (fig. 38, n° 3). La face supérieure du pont, étant presque de niveau, forme une superbe promenade. Il est entièrement construit en pierres de taille. Les voussoirs des têtes offrent des bossages.

Pont de Prague, sur la Moldaw (Pl. III, fig. 40.)

La construction de ce pont fut commencée en 1638 par Charles IV, empereur et roi de Bohême, qui posa la premiere pierre, et finie sous Charles VI. Sa longueur, de 520 metres, est plus considérable que celle du pont de Dresde, mais il n'est pas d'une aussi belle construction. Sa largeur est de 10,88 metres. Les dix-huit arches en plein cintre dont il est composé, sont construites en pierres de taille, et ornées d'un bandeau. Les piles sont surmontées de piédestaux qui supportent des statues : on remarque celle de Saint Jean Promucene, élevée au lieu même où le roi Venceslas le fit jeter dans le fleuve, pour avoir refusé de violer le secret de la confession. La maçonnerie de cet ouvrage est très-bonne : les suédois s'étant emparés du petit Prague, et voulant démolir le pont, le mortier se trouva si dur que l'on fut obligé de renoncer à cette entreprise.

Pont de Ratisbonne, sur le Danube. (Pl. III, fig. 41.)

Les travaux de cet édifice furent commencés en 1135, sous Henri-le-superbe, duc de Baviere. Il est composé de quinze arches, et sa longueur totale est de 303 metres. Les piles sont fondées sur pilotis, et entourées de jetées et de creches fort larges. Il n'a que 6,5 metres de largeur. Il est pavé en pierres de taille; ses trottoirs n'ont que 32 centimetres, et ses parapets sont faits en dalles posées debout et liées entre elles avec des crampons scellés en plomb. Vers le tiers de la longueur du pont on descend sur une île par le moyen d'une rampe contenue entre deux murs.

Pont de Zwettau, près de Torgau, sur le Vieil-Elbe. (Pl. III, fig. 42.)

Ce pont fut construit aux frais du roi Auguste, en 1730. Il est composé de douze arches. Parmi les onze piles, il n'y en a que cinq auxquelles on ait ajouté des avant-becs : les autres font seulement une saillie sur le plan des têtes, et forment avant-corps. La pente de ce pont est fort considérable.

Pont de Wurtzbourg, sur le Mein. (Pl. III, fig. 43.)

Ce pont est composé de huit arches en plein cintre de 10 metres d'ouverture. Les avant et arriere-becs des piles sont demi-circulaires, et s'élevent jusqu'au niveau du parapet. Cet ouvrage est d'un style simple et solidement construit. On a placé des

statues sur les piles; et l'on y voit celle de Saint Jean Promucene, regardé dans toute l'Allemagne comme le patron des ponts.

Pont de Kosen, sur la Saal, près de Naumbourg. (Pl. III, fig. 39.)

Ce pont, que l'on présume avoir été construit dans le 10e ou le 12e siecle, est composé de huit arches; les cinq arches qui se trouvent placées au milieu du courant sont en ogive, et les autres en plein cintre.

Pont de Nossen, sur la Mulde, en Saxe. (Pl. III, fig. 44.)

Cet ouvrage, composé de trois arches en plein cintre, fut construit de 1715 à 1718, par Daniel Poepelmann, sous le regne d'Auguste.

Pont de l'ABC, à Nuremberg, sur la Pregnitz. (Pl. III, fig. 46.)

Ce pont, bâti par l'empereur Charles VI, et dont il avait posé la premiere pierre, fut achevé en 1728. Il est formé par deux arches de 14 metres d'ouverture. L'on a pratiqué dans l'intérieur de la pile un passage voûté, et cette pile est surmontée par deux obélisques érigés à la gloire de l'Empereur. Les parapets du pont sont ornés de piédestaux surmontés d'une boule.

Pont de la Boucherie, à Nuremberg, sur la Pregnitz. (Pl. III, fig. 45.)

Ce pont a été construit en 1599, par Pierre Carln, et présenta

beaucoup de difficultés dans sa fondation. Il est composé d'une seule arche, en arc de cercle, de 29,6 metres d'ouverture, et de 3,9 metres de fleche. L'épaisseur de la voûte au sommet est seulement de 1,22 metres. La largeur du pont est de 12,2 metres.

SECTION V.

PONTS D'ESPAGNE ET DE PORTUGAL.

Pont de Madrid, sur le Mançanarès. (Pl. II, fig. 36.)

Ce pont est composé de neuf arches de 10,4 metres d'ouverture, et de huit piles de 6,5 metres d'épaisseur. Leurs avant et arriere-becs sont formés par des demi-cylindres de 5,85 metres de diametre, qui montent jusqu'au niveau des parapets. Les arches sont en plein cintre, et élevées sur des piédroits dont la hauteur au-dessus des fondations est d'environ 4 metres.

Pont de Valence, sur le Guadalaviar. (Pl. II, fig. 37.)

Cet ouvrage est composé de dix arches de 13 metres d'ouverture, tracées en arc de cercle dont la fleche est à peine de 1,3 metre. Les voûtes ne s'élevent qu'à 3,25 metres de hauteur au-dessus des basses eaux. Les piles ont 2,8 metres d'épaisseur.

Pont de Martorel, sur la Noya. (Pl. IV, fig. 63.)

La construction de ce pont, situé dans la Catalogne, est attri-

buée à Annibal. Il est composé d'une grande arche en ogive de 22 metres d'ouverture sur 15 metres de hauteur, accompagnée de deux arches plus petites, de 7,8 metres et de 4,9 metres de diametre. On y monte des deux côtés par des rampes excessivement rapides. On croit, d'après la forme de ce pont, qui est celle que les Goths avaient adoptée pour toutes les voûtes, que c'est à un prince de cette nation, et non pas à Annibal, que l'on doit son établissement.

Pont de Salamanque, sur la Tormes. (Pl. IV, fig. 67.)

La construction de cet ouvrage magnifique, dont il ne reste actuellement que les ruines, est attribuée à Trajan. Il était composé de vingt-six arches de 23,4 metres de diametre, élevées à 34 metres de hauteur. L'épaisseur des piles était de 8 metres, et la largeur du pont, d'une tête à l'autre, de 21 metres.

Aqueduc de Lisbonne, sur le Tage. (Pl. IV, fig. 70.)

Cet aqueduc, construit par Trajan, dont l'objet est de conduire des eaux à la ville de Lisbonne, est le plus considérable que l'on connaisse, principalement en raison de la hauteur et de l'ouverture de ses arcades. Il est composé de trente-deux arches de 29,2 metres de largeur, sur 68 metres de hauteur dans la partie la plus élevée. Les piles ont 4,9 metres d'épaisseur sur 6,8 metres de longueur. La longueur totale de cet ouvrage est d'un sixieme plus considérable que celle de l'aqueduc de Montpellier, et il est plus de trois fois plus élevé. On dit qu'il n'a pas souffert du tremblement de terre de 1755.

Aqueduc de Ségovie. (Pl. IX, fig. 5.)

Cet aqueduc, bâti par les Romains, a deux rangs d'arcades de 5,5 metres de diametre. Sa hauteur va jusqu'à 34 metres dans la partie où il traverse la ville. Il en existe encore plus de cent cinquante arcades. Il est construit avec de grandes pierres posées sans ciment.

SECTION VI.

PONTS DE LA PERSE ET DE LA CHINE.

Il existe à Ispahan, sur le fleuve Zenderouth, quatre ponts dont la magnificence est si grande, que l'on peut à peine ajouter foi au récit des voyageurs qui l'attestent. L'on donne ici une description de deux de ces ponts, dans laquelle on a essayé d'accorder les différents auteurs que l'on a consultés.

Pont de Barbarouch, à Ispahan, sur le Zenderouth. (Pl. III, fig. 47, 48.)

Cet ouvrage, composé de vingt-neuf arches, a, suivant la description de Scramm, 718 metres de longueur et 50,67 metres de largeur. Le voyageur Chardin ne lui donne guere plus de la moitié de cette longueur, et les dimensions qu'il lui attribue s'accordent peu avec celles que Scramm a fixées d'après d'autres autorités. Quoi qu'il en soit, les deux moitiés de ce monument sont séparées

dans la partie supérieure par un mur assez élevé. (fig. 47). L'une d'elles est abandonnée au public, l'autre sert à faire communiquer l'ancien et le nouveau sérail; sur le milieu de cette derniere, on a élevé un kiosque qui en dépend. Les trottoirs sont recouverts par des voûtes qui supportent des terrasses, et où l'on monte par le moyen de quatre escaliers pratiqués dans des tours situées aux extrémités du pont. Ces mêmes escaliers servent à descendre dans la partie inférieure où les piles sont ouvertes par des voûtes qui permettent de communiquer d'une extrémité du pont à l'autre. Ce pont est établi sur un radier général élevé au-dessus des eaux moyennes et percé d'aqueducs qui leur forment une issue : de cette maniere la partie inférieure présente un second passage.

Pont d'Aliverdichan, à Ispahan, sur le Zenderouth. (Pl. III, fig. 49, 50.)

Ce monument porte le nom de celui qui le fit élever. Il est fort ancien, mais l'on ignore le temps précis de sa construction. Sa longueur, d'après le dessin de Scramm, que l'on a suivi dans cette description, est de 725 metres. Chardin lui donne seulement 694 metres. Il est composé de vingt-neuf arches. La largeur totale du pont est de 32,5 metres, et celle de la voie de 19,5 metres. Les trottoirs sont recouverts par des voûtes (fig. 49); et les terrasses qu'elles supportent sont élevées à 25 metres de hauteur au-dessus des eaux moyennes du fleuve. On y monte par le moyen d'escaliers renfermés dans quatre tours construites à chaque extrémité du pont, et qui servent à descendre dans la partie inférieure où l'on a pratiqué un passage au travers des piles. La voie et les trottoirs de ce pont sont également pavés en marbre.

Si les ponts de la Chine sont construits avec moins de luxe que ceux de la Perse, ils sont plus extraordinaires, et présentent des dimensions beaucoup plus colossales. On voit dans la province de Xensi, un pont construit en bois et en pierre, destiné à établir un passage au travers des rochers et des précipices, et dont la longueur est de plus de huit kilometres. Les deux ponts dont on va donner la description, sont élevés d'une maniere plus réguliere, et peuvent se comparer à ce que l'antiquité nous a laissé de plus remarquable.

Pont de Focheu, sur le Min. (Pl. III, fig. 54, 55.)

Cet ouvrage est composé de cent arches en plein cintre, de 39 metres d'ouverture, dont la voûte est élevée à 39 metres de hauteur au-dessus des eaux moyennes, et sous lesquelles les navires chinois passent à pleine voiles. L'épaisseur des piles est presque aussi grande que l'ouverture des arches. La largeur du pont (fig. 54) est de 19,5 metres. Les piles sont surmontées par des figures de lions en marbre noir, d'un seul bloc et de 7 metres de longueur. La corniche est soutenue par des consoles, et supporte le parapet qui est en marbre blanc, avec des entrelas chinois. De vingt en vingt arches l'on a élevé un arc de triomphe. Cet immense monument est construit en grands blocs de pierre blanche, de 8 à 9 metres de longueur, sur 1,6 metre d'épaisseur. La longueur totale du pont est de 7935 metres.

Pont de Loyang, à Fo-Khien, sur un bras de mer. (Pl. III, fig. 52, 53.)

Ce pont est composé de trois cents arches : on a employé pour le bâtir dix-huit ans, et vingt-cinq mille ouvriers. Il est construit

dans le même genre que les ponts de Babylone, que l'on dit avoir été composés de longues pierres posées à plat sur les piles. Quelques auteurs lui donnent 8800 metres de longueur : alors les piles auraient 4,87 metres d'épaisseur, et les arches 24,36 metres d'ouverture. Sa largeur est de 22,74 metres, (fig. 52). Les pierres qui posent sur les piles ont 5 metres d'épaisseur et 3 metres de largeur. Les piles elles-mêmes ont 23 metres de hauteur, et supportent des lions en marbre d'un seul bloc de 7 metres de longueur.

Le dessin que l'on a donné de ce pont est fait d'après ces mesures prises dans l'Atlas de Martimmart; mais il y a grande apparence qu'elles sont fort exagérées : il est difficile de croire que les pierres qui forment le pont soient aussi considérables qu'on l'assure : leur masse serait plus que triple de celle de l'obélisque de la place de Saint-Pierre à Rome. M. Pingeron ne donne à ces pierres que 14 metres de longueur sur un metre et demi de largeur et d'épaisseur, ce qui diminue la longueur du pont de moitié. Malgré cette réduction cet ouvrage serait encore plus de quatre fois et demie plus long que le pont du Saint-Esprit.

Pont de Marambum. (Pl. III, fig. 51.)

Ce pont est composé d'arches dont les ouvertures sont alternativement de 16 et de 8 metres. Ces arches sont au nombre de soixante, et la longueur totale du pont est de 260 metres. Cet ouvrage est remarquable par sa disposition, et sur-tout par la forme des petites arches, qui se rapproche de l'ogive.

Pont près de Soutchéou. (Pl. VII, fig. 127.)

Ce genre de ponts, dont M. Holmes qui faisait partie de l'am-

bassade du lord Macartney, a donné la description, se rencontre souvent sur la route que tint une partie de cette ambassade pour se rendre de Han-Tcheou à Tchu-San. La montée, qui est très-rapide, est adoucie par le moyen d'un escalier, ce qui paraîtra moins extraordinaire si l'on se rappelle que dans la Chine la plus grande partie des transports se fait par eau. La forme de l'arche est celle d'un fer à cheval. On y remarque des pierres saillantes qui sont supposées donner de la force à l'édifice. Le dessus de l'arche offre une inscription en caracteres chinois.

CHAPITRE II.

DES PONTS DE FRANCE.

Les Romains ont laissé dans tous les genres et dans toutes les parties de leur vaste empire, des monuments qui sont autant de témoignages de leur puissance et de leur grandeur : cependant, parmi les ponts qui leur sont attribués en France, ceux dont l'antiquité ne peut pas être contestée sont en fort petit nombre, et n'offrent pas des édifices d'une bien grande importance ; le superbe aqueduc du Gard est le seul qui porte l'empreinte du grand caractere que la nation qui l'a fait élever savait imprimer à tous ses ouvrages.

Après le démembrement et la chûte de l'empire d'Occident, la barbarie qui s'étendit sur toute l'Europe, et les guerres qui la désolerent, rendirent les communications rares et difficiles, et détruisirent presque entièrement toute espece de commerce. On ne connaît en France aucun pont dont la construction remonte au-delà du douzieme siecle ; et quoiqu'il y en ait un grand nombre pour lesquels l'époque précise de cette construction soit inconnue, ils sont si mal faits qu'il n'est guere possible de leur supposer beaucoup d'ancienneté. Les rivieres étaient alors franchies par le moyen de bateaux ou de bacs, et les routes n'offraient aucune sûreté au petit nombre de voyageurs qui les fréquentaient, et que l'on rançonnait principalement dans ces sortes de passages.

Il se forma dans ce temps, en France et en Allemagne, une association religieuse, dont les membres furent connus sous le nom de *Freres du Pont*. Ils établirent d'abord des hospices auprès des principaux passages des rivieres, où ils prêtaient main-forte aux voyageurs : des quêtes nombreuses leur ayant ensuite procuré des fonds considérables, ils se trouverent en état d'élever des ponts sur les plus grands fleuves. Le premier fut établi sur la Durance, au-dessous de l'ancienne chartreuse de Bonpas, et près du lieu où l'on vient d'en entreprendre un autre. Une partie des fondations des piles de ce pont subsiste encore; mais comme on ne lui avait pas donné un débouché suffisant, il fut bientôt emporté.

Le second ouvrage entrepris de cette maniere est le pont d'Avignon, commencé en 1177. Les aumônes qui servirent à payer sa construction furent attirées sur-tout par un prétendu miracle dont le procès-verbal se trouve encore dans la maison commune de cette ville. Le pont du Saint-Esprit; celui de la Guillotiere, à Lyon, principalement dû à Innocent IV, et au séjour qu'il fit dans cette ville; celui du saut du Rhône, sur le chemin de Vienne à Geneve, ont été également élevés par l'amour du bien public excité par le zele religieux.

A ces grands ponts bâtis sur le Rhône, on voit succéder quelques arches isolées, mais d'une assez grande étendue. Le pont de Ceret, ceux de Nions, de Castellanne, de Ville-Neuve d'Agen, offrent des arches en arc de cercle de 30 à 50 metres d'ouverture. Le pont de Vieille-Brioude, construit sur l'Allier, est le plus hardi de tous : la seule arche dont il est composé a plus de 54 metres. Il fut élevé en 1454, aux frais de la dame du lieu. En 1545, un cardinal de Tournon construisit, près de la ville de ce nom, sur le torrent du Doux, un pont d'une seule arche de 49 metres d'ouverture.

Tous ces ponts sont élevés avec beaucoup d'économie, et portent à-peu-près le même caractere. Leur largeur, toujours peu considérable, est ordinairement de 4 à 5 metres, et il y en a peu où elle aille jusqu'à six. A l'exception des ponts sur le Rhône, qui sont assez bien construits, les arrêtes des voûtes seulement sont en pierres de taille, et les voussoirs ont très-peu de hauteur de coupe; le reste est en moellons. Les reins sont ou déchargés par des arcs, ou remplis en terre; les piles sont toujours très-épaisses, et au-dessus des hautes eaux; leurs parements extérieurs seulement sont construits en pierre; l'intérieur est ordinairement rempli de terre ou de sable. Il est rare que ces ponts soient accompagnés de murs en aîle : quelques portions de murs, fondés par redans, et ajoutés aux culées dans l'alignement des têtes, en tiennent ordinairement lieu. C'est dans l'espace de temps compris entre le treizieme et le seizieme siecle, qu'il faut placer la construction de tous les ponts de cette espece; et d'après l'extrême économie avec laquelle ils ont été bâtis, il est étonnant que plusieurs d'entre eux aient pu subsister aussi long-temps.

Ces arches, d'une grande ouverture, composées d'un arc de cercle, dont la corde était presque égale au diametre, et qui, par conséquent, s'élevaient à une grande hauteur, ne pouvaient guere être placées dans l'intérieur des villes où elles eussent encombré les maisons situées aux environs. Il fallut donc employer un plus grand nombre d'arches, et leur donner moins de largeur. Le plus ancien ouvrage subsistant, élevé sur ce nouveau système, est le pont Notre-Dame, à Paris, bâti en 1507. Jusqu'à cette époque cette ville n'avait eu que des ponts de bois que les glaces et les inondations emportaient fréquemment : ils le furent en totalité en 1196; en 1280 il y en eut encore deux qui éprouverent le même

sort; en 1412 on éleva, dans l'emplacement où le pont Notre-Dame se trouve actuellement, le premier pont en pierre qui ait été construit à Paris. Cet ouvrage fut bientôt emporté par la faute, dit-on, du prévôt des marchands et des échevins. On y avait bâti des maisons; et ces magistrats ayant été condamnés à dédommager leurs propriétaires, et ne pouvant exécuter cette sentence, moururent en prison.

On craignit que ce pont, qu'il fallut relever, ne tombât encore, et l'on appela d'Italie le frere Joconde, de Vérone, à qui la construction du pont Corvo venait de donner une grande réputation: cet architecte, qui fut depuis chargé, après la mort du Bramante, et conjointement avec Raphaël et Julien de Saint-Paul, de suivre la construction de Saint-Pierre de Rome, éleva le pont Notre-Dame tel qu'il existe encore aujourd'hui. Environ soixante ans après, on entreprit la construction du Pont-Neuf; et pendant cet intervalle on élevait aussi ceux de Chatelleraut et de Toulouse. La largeur de ces ponts semble très-considérable, sur-tout quand on les compare à ceux qui avaient précédé cette époque. Ils paraissent être les premiers où l'on ait donné aux arches la forme d'une anse de panier; l'on mit beaucoup de soin dans leur construction et dans leur décoration.

Depuis l'époque de la construction du Pont-Neuf, qui fut fini en 1604, jusqu'en 1656, on éleva à Paris le pont Saint-Michel, celui de l'Hôtel-Dieu, le Pont-au-Change, le Pont-Marie, et celui de la Tournelle. François Blondel donna les dessins du pont de Saintes, bâti en 1666; et le frere Roman, qui venait de bâtir, en 1683, le pont de Maëstricht, fut appelé à Paris par Louis XIV, pour fonder une des piles du pont des Tuileries, qui s'élevait alors sur les dessins de Jules-Hardouin Mansard.

Depuis la construction du pont des Tuileries jusqu'à celle du pont de Blois, pendant un espace de plus de quarante ans, qui appartient à la fin malheureuse du regne de Louis XIV, il ne paraît pas que l'on ait élevé dans ce genre aucun ouvrage considérable. Ce fut en 1720, sous la régence, que le Gouvernement créa un corps d'Ingénieurs des ponts et chaussées. Il fut d'abord composé d'un inspecteur général, d'un architecte premier ingénieur, de trois inspecteurs, et de vingt et un ingénieurs. Ce nombre fut porté dans la suite à vingt-cinq et vingt-huit; et en 1770, on créa en outre cinquante inspecteurs des ponts et chaussées, pris parmi les sous-ingénieurs : le nombre de ces derniers était relatif aux besoins du service.

Avant la création de ce corps, on ne traçait point de routes alignées; on se contentait d'élargir quelques chemins; et l'on faisait projeter par des architectes, et souvent par des maçons, des ponts dans les passages qu'il était impossible de franchir par des bacs. On a vu avec quelle économie ces ponts étaient construits; et, à l'exception des anciens ponts construits sur le Rhône, de quelques-uns élevés dans l'intérieur des villes et bâtis à leurs frais, il n'existait presque avant le regne de Louis XIV, aucun ouvrage de ce genre qui fût bien recommandable.

Le commerce était alors peu considérable, et la plupart des transports s'opéraient par le moyen de mulets; ce qui explique le peu de largeur que l'on a donné aux ponts, quoiqu'ils eussent quelquefois une très-grande longueur. Il en est peu dont la fondation soit établie fort au-dessous des basses eaux; et les ponts de Châlons et de Mâcon, sur la Saône, que nous avons eu occasion d'examiner, sont fondés seulement à leur niveau sur de petits pilots de 1,5 metre de longueur. Le plus grand nombre des ponts ainsi construits se sont écroulés; mais ceux qui subsistent encore,

et dont les mortiers ont été durcis par le temps, présentent une masse très-solide, et dont on peut tirer un parti avantageux. Il est facile de les élargir en se servant des avant-becs pour établir des cornes de vache; et ce moyen est toujours plus économique, et souvent plus sûr que de construire un nouveau pont dans un autre emplacement.

Depuis l'établissement du Corps des ponts et chaussées, les projets des ponts sont faits par les ingénieurs, et soumis à l'examen d'une assemblée composée principalement des inspecteurs généraux, et d'une partie des inspecteurs divisionaires, et qui, aux lumieres acquises par l'étude, réunit celles qui sont le fruit de l'expérience. Les ponts élevés dans le dernier siecle présentent en conséquence une construction beaucoup plus soignée que ceux qui les ont précédés; et, depuis cette époque, l'art a fait des progrès rapides.

Le premier qui se présente est le pont de Blois, construit en 1720, par Pitrou, sur les dessins de Gabriel, premier architecte du roi, et premier ingénieur des ponts et chaussées. C'est à l'occasion de la construction de ce pont, en 1716, que Pitrou proposa pour la premiere fois d'employer des cintres retroussés pour l'établissement des grandes arches. Ces arches sont tracées en anse de panier, et cette forme a été fréquemment employée dans la suite. Elle fut adoptée pour les ponts d'Orléans, de Tours, de Moulins, de Saumur, qui se sont élevés presque en même temps sur la Loire et sur l'Allier. La construction du dernier, finie en 1764, est l'époque de l'introduction en France de la méthode de fonder par caissons, dont on a vu que l'application aux ponts était due à la Belie, et que M. de Cessart y employa pour la premiere fois.

Le pont de Neuilly, commencé en 1768, par Perronet, réunit à l'effet que les grands artistes savent produire avec une décora-

tion simple, toute la perfection dans l'exécution dont ce genre d'ouvrages est susceptible. Ce fut peu de temps après sa construction que l'on commença à donner aux arches des ponts la forme d'un arc de cercle, dont les naissances sont placées à-peu-près au niveau des hautes eaux. Le pont Fouchards, bâti par M. de Limay; le pont de Pesmes, bâti en 1772, par M. Bertrand; le pont de Pont-Sainte-Maxence, bâti en 1784, par le célebre auteur du pont de Neuilly, donnerent les premiers exemples de ce genre de construction. Ils ont été suivis par plusieurs autres ingénieurs. En 1787, Perronet commença, à Paris, le pont de la Concorde, où il réduisit, plus qu'on ne l'avait fait encore, l'épaisseur des piles et celle des voûtes.

La description des ponts élevés jusqu'à présent en France, sera partagée en trois sections, qui se trouvent comprises entre des époques assez remarquables. La premiere section comprendra le petit nombre de ponts bâtis par les Romains, et ceux qui ont été construits depuis le douzieme siecle jusqu'à la fin du quinzieme : tous ces ponts sont fondés par enrochement à peu de profondeur, sont extrêmement étroits, et, quoique quelques-uns soient forts longs, ils présentent tous les traces de la plus grande économie. Dans la seconde section, on traitera des ponts construits depuis le commencement du seizieme siecle jusqu'à celui du dix-huitieme : c'est alors que l'on a commencé à bâtir de grands ponts en pierre dans l'intérieur des villes, à leur donner beaucoup de largeur, à les construire et à les décorer avec soin. La troisieme section comprendra les ponts élevés depuis l'établissement du corps des Ponts et Chaussées jusqu'à nos jours, et l'on ajoutera une quatrieme section, pour donner une idée des ponts en construction à l'époque de la rédaction de cet Ouvrage.

SECTION PREMIERE.

DES PONTS BATIS EN FRANCE JUSQU'A LA FIN DU QUINZIEME SIECLE.

Pont de Sommieres, sur la Vidourle. (Pl. II, fig. 34.)

Ce pont est attribué aux Romains. Il est composé d'une arche en plein cintre de 8,8 metres, et de sept arches de 9,8 metres d'ouverture. Les piles sont ouvertes dans la partie supérieure. La largeur, d'une tête à l'autre, est seulement de 7,5 metres.

Pont de Boisseron, sur la Venouvre. (Pl. II, fig. 35.)

Cet ouvrage est généralement attribué aux Romains. Il est composé de cinq arches; deux d'entre elles ont 6,2 metres d'ouverture, deux autres 9,4 metres, et une 8,8 metres. Sa largeur est moins considérable encore que celle du précédent, elle est seulement de 3,9 metres. Tous les deux sont assez bien conservés.

Pont du Gard, sur le Gardon d'Alais (Pl. IX, fig. 1.)

Cet ouvrage, bâti, comme les arênes et la Maison-quarrée de Nîmes, par Auguste et ses successeurs, est un des plus beaux monuments qui nous soient restés des Romains. Il faisait partie d'un aqueduc qui conduisait à Nîmes les eaux de la fontaine d'Uzès, et dont la longueur totale surpassait trois myriametres. Il offre trois rangs d'arcades : le premier rang en contient six, et le second dix; le troisieme, sur lequel l'aqueduc était soutenu,

et dont il ne reste plus que trente-sept arches, en contenait un plus grand nombre. Les arches des deux rangs inférieurs ont environ 20 metres d'ouverture; celle des arches du rang supérieur est de 5,5 metres : toutes sont en plein cintre. La hauteur totale de l'édifice est de 48 metres, à partir du niveau des basses eaux du torrent.

Le reste de l'aqueduc se prolongeait sous terre, depuis les sources d'Uzès jusqu'à Nîmes.

Le pont du Gard est construit, comme plusieurs autres édifices Romains, avec des pierres de taille posées à sec; mais, quelque bien conservé qu'il soit, il n'est plus susceptible de remplir son ancienne destination. On a proposé dans ces derniers temps de le rétablir, et d'y faire passer des eaux qui devaient alimenter un canal d'arrosage.

Les états de Languedoc ont fait adosser au premier rang d'arcades un pont qui a été construit en 1740, par Pitot, et qui sert actuellement de passage à la grande route. Cet ouvrage offrit d'assez grandes difficultés, tant dans la fondation que dans la construction de l'arche du milieu, pour laquelle, à raison de la profondeur du torrent, il fallut employer des cintres retroussés, dont l'usage n'était point alors aussi familier qu'il l'est actuellement. Pitot parvint à surmonter ces obstacles; et, le rocher sur lequel devait s'appuyer une des piles n'étant point assez large, il la fit porter en partie par encorbellement.

Aqueduc de Metz, sur la Moselle. (Pl. IX, fig. 3.)

L'aqueduc antique de Metz traversait la Moselle, et se trouvait porté sur un grand nombre d'arcades : il en existe encore, sur la

riviere même, plusieurs qui sont entieres. Elles ont à cet endroit plus de 25 metres de hauteur. Leur ouverture est de 6,5 metres; et l'épaisseur des piles est de 3,2 metres.

Pont d'Avignon, sur le Rhône. (Pl. V, fig. 90.)

On a vu que cet ouvrage était le second pont bâti en France, depuis la chûte de l'empire Romain, et que sa construction était due à l'association connue sous le nom de Freres du Pont. Elle eut lieu, dit-on, à l'occasion d'un miracle opéré par Saint Benezet. Elle fut commencée en 1177, et ne fut entièrement terminée qu'en 1187, quoique l'on y perçût déja un péage en 1185.

Le Rhône se partage et forme une île devant la ville d'Avignon. Il paraît que l'on construisit d'abord sur les deux bras deux parties séparées, auxquelles on donna une direction à-peu-près perpendiculaire à celle des courants du fleuve. L'une avait cinq arches, et l'autre en avait huit. On les réunit ensuite par le moyen de huit nouvelles arcades élevées sur l'île qui les séparait, et qu'il fallut diriger suivant une ligne courbe, afin de les raccorder de chaque côté avec les parties déja existantes; celles-ci présentent elles-mêmes beaucoup de sinuosités, quoique rien ne s'opposât à ce qu'elles fussent disposées en ligne droite : le pont se trouvait alors composé de vingt et une arches d'environ 33 metres d'ouverture; et sa longueur totale était de près de 900 metres.

En 1385, Boniface IX qui résidait à Avignon, en fit démolir, pour sa sûreté, quelques arches. En 1410, les habitants de la ville, dans la vue de se délivrer de la garnison Catalane que Benoît XIII y entretenait, firent sauter, par le moyen d'une mine, la tour qui défendait la tête du pont. La négligence à réparer une arche

tombée entraîna, en 1602, la chûte de trois autres; et en 1670, le Rhône ayant gelé très-fortement, la débacle des glaces en fit encore tomber quelques-unes.

Il ne subsiste plus maintenant que quatre arches entieres : elles sont situées du côté d'Avignon. Le pont se terminait de chaque côté par deux tours bâties à ses extrémités. On voit encore du côté de Villeneuve, une rampe très-rapide qui servait à y monter, et dont la pente est de plus de 33 centimetres par metre. Du côté d'Avignon, le pont se trouve élevé à 6,5 metres au-dessus du terrain naturel, et l'on ne voit aucun vestige de la rampe. Sa largeur n'est pas de 4 metres entre les parapets qui n'ont que 32 centimetres d'épaisseur. Toutes ces circonstances font douter qu'il ait jamais passé de voitures sur ce pont, et cela est d'autant plus vraisemblable que les transports se faisaient anciennement presque toujours à dos de mulet.

On voit sur la seconde pile une chapelle autrefois consacrée à Saint Nicolas, patron des navigateurs, et dont une partie est soutenue par encorbellement. Ces piles sont construites en pierres de taille jusqu'à la hauteur des grandes eaux; le reste est en moellons piqués, d'un petit échantillon. On a pratiqué dans leur partie supérieure des vides formés par de petites arcades, et les reins des arches en offrent de semblables. Les voûtes qui subsistent encore sont assez bien conservées; elles sont construites en pierres de taille assez belles, mais auxquelles on n'a donné que 73 centimetres de hauteur de coupe. Ces pierres sont disposées de maniere à former quatre arcs séparés, qui, dans la premiere arche, ne présentent aucune liaison apparente, en offrent seulement une dans la seconde, et dans la troisieme sept à huit. Les têtes se sont un peu éloignées du milieu dans la premiere, et l'on

aperçoit quelques crampons de fer qui lient les arcs les uns avec les autres.

Pont de la Guillotiere, sur le Rhône, à Lyon. (Pl. V, fig. 72.)

Ce pont est composé de dix-huit arches de 8 à 32 metres d'ouverture; sa longueur totale est de 570 metres, et celle de son débouché, de 367 metres.

Le pape Innocent IV, pendant son séjour à Lyon, fit élever ce pont, soit en contribuant de ses propres deniers, soit en accordant des indulgences à ceux qui concourraient à cette utile entreprise. Une inscription placée sur une tour qui a été démolie dans ces derniers temps, conservait la mémoire de ce fait : on a découvert depuis, sur une des pierres de taille du pont, une autre inscription portant ces mots : *Pontifex animarum fecit pontem petrarum.*

Le séjour du pape Innocent IV, à Lyon, ayant eu lieu vers l'an 1245, la fondation du pont doit être rapportée à cette époque. Mais les disparités qui existent dans la construction de ses piles et de ses voûtes semblent prouver qu'elles ont été bâties dans des temps différents et peut-être assez éloignés les uns des autres. Elles sont presque toutes en plein cintre.

Pont du Saint-Esprit, sur le Rhône. (Pl. V, fig. 71.)

La fondation du pont du Saint-Esprit date de l'année 1285, cent ans après celle du pont d'Avignon. La premiere pierre fut posée par le prieur du monastere de Saint-Saturnin du Port, et le titre original s'en trouve dans les archives de l'hôpital du Pont;

sa construction est également due à des aumônes nombreuses que les quêtes des Freres du Pont allaient solliciter dans toute la chrétienté. Il fut terminé en 1305. Le plan du pont est tracé sur trois alignements différents. Il est composé de dix-neuf grandes arches et de six petites, qui ont été construites postérieurement sous la rampe qui sert pour y monter. L'ouverture des arches varie de 24,4 metres à 33,1 metres. La longueur du débouché est de 616 metres, et la longueur totale de 820 metres.

Les piles du pont du Saint-Esprit ont pour épaisseur plus du tiers de l'ouverture des arches qu'elles soutiennent, et sont portées par un empatement dont la largeur est très-considérable. On ignore quelle est précisément la maniere dont elles ont été fondées, mais on présume que l'on y a employé des enrochements. Elles sont entourées de creches dont la saillie est d'environ 3 metres, qui s'élevent à plus de 2 metres au-dessus des basses eaux, et qui sont formées de plusieurs assises d'un double entourage de blocs de 2 metres de longueur sur 70 centimetres d'épaisseur. Cette construction est encore consolidée par des jetées que l'on entretient avec le plus grand soin. Un droit imposé sur le sel qui remonte le Rhône, était autrefois destiné à subvenir à cette dépense, ainsi qu'à celle des levées situées en amont : il rendait 28,000 fr. en 1790, et a depuis été supprimé.

Le talus de ces jetées étant de un et demi de base sur un de hauteur, elles diminuent considérablement la surface du passage de l'eau. Le pont du Saint-Esprit, malgré sa longueur considérable, n'offre donc pas un très-grand débouché ; et la rapidité de l'eau qui est excessive dans les crues, est encore très-considérable dans les eaux ordinaires. Les avant et arriere-becs des piles ne montent pas tout-à-fait au niveau des hautes eaux, et

l'on a pratiqué dans la partie supérieure des ouvertures au travers desquelles l'eau ne passe cependant qu'assez rarement.

Les voûtes des arches sont construites en pierres de taille : les voussoirs sont disposés de maniere à former quatre arcs séparés, mais reliés entre eux de quatre en quatre assises, par une assise intermédiaire composée seulement de trois pierres. Ces voussoirs sont extradossés, et leur épaisseur est de 1,8 metre. Le pont est très-solidement construit, et les seules dégradations qui lui soient arrivées jusqu'ici consistent en quelques lézardes de peu de conséquence à la premiere arche du côté de la ville.

La largeur du pont est de 5,33 metres, et celle du passage se réduit, à cause des parapets, à 4,55 metres; elle n'est pas assez considérable pour permettre à deux voitures de se croiser librement, sur-tout à raison de la longueur inutile de leurs essieux. Aussi, soit par cette cause, soit par la crainte où l'on était autrefois de nuire à la solidité du pont, le passage n'en était pas librement abandonné au public. On déchargeait les voitures avant de le leur laisser traverser, et l'on transportait les marchandises sur des especes de traineaux portés sur des roues très-basses. Les hommes employés à cette manœuvre, très-gênante pour le commerce, rançonnaient indécemment les conducteurs, et entretenaient le public dans la croyance qu'elle était nécessaire à la conservation du pont.

Cependant on a reconnu que la maçonnerie des arches étant aussi solide qu'il soit possible, il ne pouvait y avoir aucun inconvénient à y laisser passer les plus grosses voitures. En conséquence, on a construit sur les piles des especes de remises pour leur permettre de se croiser facilement; le pavé du pont a été relevé dans les endroits où il portait immédiatement sur le cer-

veau des voûtes; on l'a recouvert d'une épaisse couche de gravier, et le passage y est actuellement parfaitement libre, sans qu'il se soit manifesté aucun accident.

Pont de Céret, sur le Tech. (Pl. IV, fig. 64.)

Cet ouvrage a été bâti en 1336, sur le chemin de Perpignan à Pratz-de-Mouillon. Il est composé d'une seule arche en plein cintre de 45 metres d'ouverture. La voûte est construite en pierres de taille de bas appareil, et le reste en briques. Il est remarquable par les voûtes que l'on a pratiquées dans les reins et dans les levées, et qui ont jusqu'à 7 à 8 metres d'ouverture. Ce pont est assez bien conservé : il n'a que 3,9 metres de largeur d'une tête à l'autre.

Pont de Castellane, sur le Verdon. (Pl. VIII, fig. 149.)

Cette arche, en arc de cercle de 28 metres d'ouverture, a été bâtie près de Sisteron, en 1404, du produit des indulgences accordées par un pape. Elle est fondée sur le rocher.

Pont de Romans, sur l'Isere. (Pl. IV, fig. 61.)

Cet ouvrage est composé de quatre arches de 21,4 à 27,9 metres d'ouverture. Ces arches sont en arc de cercle, et les piles qui les supportent sont fort épaisses : elles ont environ 9 metres de largeur. La largeur du pont, d'une tête à l'autre, est seulement de 6 metres : il est presque entièrement construit en moellons.

Pont de Villeneuve-d'Agen, sur le Lot. (Pl. IV, fig. 61 bis.)

Ce pont, à-peu-près du même temps que les précédents, est composé d'une grande arche de 35,1 metres d'ouverture en plein cintre, de deux autres de 9 à 10 metres, et d'une petite de 1,8 metre. La partie supérieure de la voûte dans la grande arche est en mauvais état, et tend à se séparer en plusieurs portions; mais on les a reliées par des tirans de fer qui vont d'une tête à l'autre, et réunissent deux arcs de fer placés sur les têtes. Ils pourront procurer encore à cette voûte une très-longue durée.

Pont de Vieille-Brioude, sur l'Allier. (Pl. IV, fig. 56.)

Ce pont a été bâti en 1454, par les entrepreneurs Grenier et Estone, aux frais de la dame du lieu. Il est composé d'une seule arche en arc de cercle de 54,2 metres d'ouverture, et de 21 metres de fleche. C'est la plus grande de toutes les arches qui existent en France, et probablement en Europe; elle n'a que 4,9 metres de largeur, ainsi que les levées qui y aboutissent.

La voûte est formée de deux rangs de voussoirs posés l'un sur l'autre, sans que l'on ait pratiqué entre eux presque aucune liaison; l'un est en pierres volcaniques, et l'autre en grès très-dur. Les pierres n'ont que 20 à 25 centimetres d'épaisseur sur 65 centimetres au plus de longueur de coupe. Le pont est fondé solidement sur deux rochers qui s'élevent au-dessus des basses eaux.

La grande élévation de cette arche, son peu de largeur, la

rapidité des chemins taillés dans le roc, par lesquels il y faut arriver, ainsi que des lézardes qui s'y étaient formées, et qui donnaient des craintes sur sa solidité, avaient engagé à changer la direction de la route, et à construire un autre pont à une demi-lieue plus bas, à la Bajace. On commença à y travailler en 1750, et le nouveau pont, composé de trois arches en anse de panier, surbaissées au tiers, de 21,4 metres, et de 23,4 metres d'ouverture avec des culées de 5,5 metres, et des piles de 4,2 metres d'épaisseur, fut fini en 1753. La fondation était établie sur pilotis. On avait donné 1,46 metre d'épaisseur à la voûte de la grande arche, mais comme, à l'exception des têtes, elle avait été construite avec une pierre fort tendre, et qui a besoin d'être long-temps exposée à l'air pour acquérir une solidité suffisante, elle s'écroula immédiatement après le décintrement, les têtes ayant été entraînées par leur liaison avec le reste de la voûte. Les pierres s'écrasaient dans la partie supérieure et tombaient par éclats jusqu'au douzieme ou quinzieme cours de voussoirs, à compter des naissances. Malgré cet événement, on acheva de fermer l'une des petites arches qui ne l'était pas encore, et la pile attenante lui servit de culée jusqu'à l'année suivante, où l'on reconstruisit la grande arche avec de meilleurs matériaux. On donna alors 1,62 metre d'épaisseur à la voûte.

Le terrain sur lequel ce pont est établi est un gravier compact dans lequel les pilots entrent difficilement, et qui n'en est pas moins susceptible d'être affouillé par le courant. On avait tâché de prévenir cet événement en faisant, en aval, une battue de pieux entre lesquels on avait dragué le gravier à une assez grande profondeur, et où l'on avait ensuite rempli l'espace qui restait libre par une jetée de gros moellons. Malgré cette précaution qui

paraissait bonne, le pont fut emporté par une crue; et comme les culées subsistent encore, on projeta de le reconstruire de nouveau, en n'élevant qu'une seule pile, et en la fondant par le moyen d'un caisson.

Ayant examiné ce projet sur les lieux, il nous sembla d'une exécution presque impraticable. Il était difficile de fonder ce pont solidement, à moins de l'établir sur le rocher. Mais les orages qui sont très-fréquents en été dans les montagnes d'Auvergne, et qui remplissent tout le vallon sur un metre environ de hauteur, ne permettent pas de faire les fouilles nécessaires pour aller chercher le rocher qui se trouve à une assez grande profondeur, parce qu'ils ne manqueraient pas de venir les remplir. L'ancien pont de Vieille-Brioude, dont les fondements sont excellents, nous parut susceptible d'offrir encore un passage sûr; et les seuls travaux qu'il y eut à faire pour l'en rendre capable, consistaient à adosser de nouveaux murs contre ceux des anciennes levées qui étaient assez dégradés, à réparer la voûte, et à tailler dans le roc des chemins commodes. Ces différents ouvrages ont été entrepris, et ne tarderont pas à être terminés.

Pont d'Alexandrie, sur le Tanaro. (Pl. VIII, fig. 132.)

Ce pont est probablement fort antérieur à l'année 1487, époque à laquelle quatre de ses arches furent emportées et rétablies. Il est composé de dix arches en arc de cercle de 16 à 29 metres d'ouverture. La partie supérieure forme une galerie couverte de 7,3 metres de largeur, dont le toit est soutenu par de petites arcades de 2,34 metres d'ouverture. On construit actuellement

sous le pont un radier général pour établir, au moyen de nouvelles piles intermédiaires, un barrage mobile en poutrelles, qui servira à soutenir les eaux du Tanaro, et à mettre à même de les introduire, en cas de siége, dans les fossés de la citadelle.

Pont de Sisteron, sur la Durance.

(Pl. VIII, fig. 138.)

Ce pont dont la forme est très-remarquable, a été construit en 1500. Il est composé d'une arche de 26 metres d'ouverture, qui présente une anse de panier surhaussée. La fleche est de 17,5 metres. Il est vraisemblable que cet arche avait d'abord été construite en ogive, et que l'on a dans la suite arrondi l'angle des deux arcs; cette conjecture est d'autant plus naturelle que la partie supérieure et la partie inférieure de la voûte, sont d'une construction différente.

Pont près de Tournon, sur le Doux.

(Pl. VIII, fig. 143.)

Ce pont a été construit par un ingénieur italien, en 1545, aux frais d'un cardinal de Tournon. Il offre une grande arche en arc de cercle, de 47,8 metres d'ouverture, fondée, comme le pont de Vieille-Brioude, sur le rocher apparent. Il n'a que 5 metres de largeur entre les têtes. La voûte est construite en quartiers de grès tendre essemillés, à l'exception des voussoirs des têtes qui sont en pierres de taille. Le reste est en moellon brut.

Pont de Claix, sur le Drac. (Pl. IV, fig. 58.)

Cet ouvrage est composé d'une seule arche en arc de cercle, de 45,8 metres d'ouverture. Sa largeur est de 6,2 metres. Il a été construit en 1611, près de Grenoble, par le connétable de Lesdiguieres. Ce pont a été singulièrement vanté par les historiens du Dauphiné, qui le mettaient beaucoup au-dessus du pont Rialto, de Venise. On y lisait autrefois, avant la démolition de la porte qui servait d'entrée, l'inscription suivante : *Romanos moles pudore suffundo.*

Ce dernier pont se trouve placé dans la premiere époque, quoiqu'il ait été élevé dans le dix-septieme siecle, parce qu'il s'y rapporte par son genre de construction.

Aqueduc de la Crau d'Arles. (Pl. IX, fig. 6.)

Cet ouvrage traverse un marais, et soutient les eaux du canal de Crapone, construit, en 1558, par un gentilhomme de ce nom. Sa longueur est de 625 metres. Les arches sont en plein cintre, et leur ouverture est de 5,85 metres. L'épaisseur des piliers est de 3,9 metres. La largeur de l'aqueduc est de 5,2 metres dans la partie supérieure, et ses faces ont un léger talus.

On a adossé à l'aqueduc, dans la plus grande partie de sa longueur, un pont de 9,75 metres de largeur, qui sert au grand chemin. Ce pont est porté sur des arches en arc de cercle, de même ouverture que celles de l'aqueduc. Les fondations de ces deux constructions sont établies, dans les endroits les plus dangereux, sur un grillage en charpente.

SECTION II.

DES PONTS CONSTRUITS DANS LES XVIe ET XVIIe SIECLES.

Pont Notre-Dame, à Paris, sur la Seine. (Pl. VI, fig. 104.)

Le premier pont en pierre qui ait été élevé dans cet emplacement, et c'est aussi le premier que l'on ait construit à Paris, fut bâti en 1412, par la ville, sous Charles VI, qui lui donna le nom de pont Notre-Dame. Il fut renversé le 14 novembre 1499, comme on l'a dit au commencement du chapitre, et rebâti en 1507, par le frere Joconde. Il est composé de six arches en plein cintre, de 9,5 à 17,3 metres d'ouverture. Les piles ont 3,9 metres d'épaisseur. La plinthe qui couronne le pont est soutenue par des modillons. Il est très-bien conservé; et quoique la pierre de Paris ne soit pas généralement bonne, il faut qu'elle ait été bien choisie dans cette occasion, car on y remarque très-peu de dégradations. Il était couvert de maisons qui ont été démolies il y a peu d'années. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 23,6 metres.

Pont de Toulouse, sur la Garonne. (Pl. V, fig. 89.)

Cet ouvrage fut commencé en 1543, sous François Ier, sur les dessins de Souffron, architecte. Il ne fut achevé qu'en 1632,

après le Pont-Neuf de Paris, et le pont de Chatelleraut. Il est composé de sept arches en anse de panier, de 14,6 à 34,4 metres d'ouverture, et qui ne sont point disposées d'une maniere symmétrique. La partie supérieure des piles présente des ouvertures dont la forme est à-peu-près circulaire; ces ouvertures ne sont point toutes placées sur le même niveau, et il résulte de là que les hautes eaux passent sur très-peu de hauteur dans celles qui sont attenantes aux grandes arches. Cet édifice est construit en briques, à l'exception des archivoltes, des extrémités des œils de pont, et des avant et arriere-becs qui sont en pierres de taille. Sa largeur est de 19,5 metres entre les têtes. Ses trottoirs ont 3,9 metres; la pente du pavé est de 42 millimetres par metre.

L'on voit, à l'entrée du pont de Toulouse, un arc de triomphe bâti par Mansard. Il portait une statue équestre de Louis XIII, qui a été détruite en 1793.

Pont de Chatelleraut, sur la Vienne.
(Pl. VIII, fig. 154.)

Il a été commencé la premiere année du regne de Charles IX, en 1560, et fini en 1609, par les soins de Sully. Il est composé de neuf arches de 9,7 metres d'ouverture. Ces arches, en anse de panier, à l'exception de celle du milieu qui est en plein cintre, sont élevées sur des pieds-droits de 2,6 metres de hauteur, couronnés par une plinthe, et présentent de grandes cornes de vache. On peut juger, par la hauteur à laquelle les hautes eaux s'élevent, que le débouché du pont est dans un parfait rapport avec le volume d'eau auquel il donne passage. La largeur entre les têtes est de 21,7 metres, et il y a de chaque côté, en dehors

des parapets, deux trottoirs de 1,4 metre de largeur, formés par des dalles soutenues sur des consoles placées à un metre de distance les unes des autres.

Pont-Neuf, à Paris, sur la Seine. (Pl. VI, fig. 98.)

Ce bel ouvrage a été commencé sous Henri III, qui en posa la premiere pierre en 1578, par J. Androuet du Cerceau, architecte. Les guerres de la Ligue interrompirent sa construction, qui ne fut terminée qu'en 1604, sous Henri IV, par G. Marchand. Les fonds furent fournis par le produit d'un droit de dix sols, imposé sur chaque muid de vin qui se consommait à Paris.

Le pont est composé de deux parties qui aboutissent à l'extrémité de l'île de la Cité, et dans l'intervalle desquelles on avait placé la statue équestre de Henri IV. Celle qui tient à la rive droite de la Seine offre cinq arches en plein cintre, qui ont depuis 14 jusqu'à 19,2 metres d'ouverture. La premiere est trop élevée, ce qui rend l'abord du pont très-rapide. La seconde partie est également composée de cinq arches, dont l'ouverture varie de 9,5 à 14,6 metres. Elles sont aussi construites en plein cintre, et offrent de petites cornes de vache. La largeur du pont entre les têtes est de 22,09 metres, dont 9,74 metres pour le passage des voitures, 11,05 metres pour les deux trottoirs, et 1,3 metre pour les deux parapets. Ces dimensions sont suffisantes, quoique le Pont-Neuf offre un des passages les plus fréquentés de Paris.

Les avant et arriere-becs des piles qui sont triangulaires, s'élevent jusqu'à la corniche qui est soutenue par des consoles,

et ils sont surmontés par des portions de tours qui portent elles-mêmes des boutiques bâties par Soufflot. On a élevé à la seconde arche, du côté du Louvre, un bâtiment qui fut détruit et reconstruit en 1712, et qui porte le nom de La Samaritaine. Il contient un assemblage de pompes mises en mouvement par des roues à aubes. Les eaux qu'elles élevent sont employées à la consommation de Paris. Elles vont être remplacées bien avantageusement par les eaux de l'Ourcq, et il est vraisemblable que l'on détruira la Samaritaine, qui a fait long-temps l'admiration des Parisiens, mais qui offusque la vue et gêne le cours de la riviere.

Pont Saint-Michel, à Paris. (Pl. VI, fig. 108.)

Cet ouvrage a été bâti en 1618, sur le bras de la Seine qui sépare la Cité de la partie méridionale de Paris. Il est composé de quatre arches; deux d'entre elles ont 13,7 metres d'ouverture, et les deux autres 9,7 metres. Les avant-becs des piles sont surmontés de niches couronnées d'un fronton, à l'exception de celle du milieu où l'on voit encore un piédestal qui portait autrefois la statue équestre de Louis XIII.

On a donné à ce pont 34,1 metres de largeur, et l'on avait construit, de chaque côté, des maisons qui viennent d'être démolies.

Ponts de l'Hôtel-Dieu, à Paris. (Pl. VI, fig. 100, 104.)

Ces deux ponts nommés, l'un, pont Saint-Charles, et l'autre, pont au Double, ont été bâtis vers l'an 1634, par les adminis-

trateurs de l'Hôtel-Dieu, pour la desserte de cet hôpital. L'un est composé de deux arches de 12,8 metres d'ouverture, et l'autre de deux arches de 11,7 metres. Ils sont couverts de bâtiments qui appartiennent à l'hôpital, et l'on a seulement réservé sur l'un d'eux un passage de 3,25 metres de largeur pour le public.

Aqueduc d'Arcueil, près de Paris. (Pl. IX, fig. 10.)

L'aqueduc d'Arcueil a été bâti, en 1624, par Marie de Médicis, sur les dessins de la Brosse. Il est destiné à conduire à Paris des eaux excellentes qui viennent de Rungis. On voit encore dans le même emplacement des restes d'un aqueduc qui avait été bâti par Julien, pour alimenter les thermes.

La longueur de l'aqueduc est de 390 metres; sa largeur est de 3,57 metres. Il est consolidé par des contreforts placés à environ 12 metres les uns des autres, et dont les intervalles sont en partie remplis en maçonnerie, et en partie par neuf arcades de 7,8 metres d'ouverture. Sa plus grande hauteur est de 22 metres. Cet aqueduc est un des ouvrages les plus remarquables de ce genre que l'on ait construits en France. L'effet et les détails en sont très-beaux et la construction très-soignée. Il est entièrement bâti en pierres de taille.

Pont Marie, à Paris. (Pl. VI, fig. 106.)

Ce pont a été bâti par Christophe Marie, qui avait alors le titre d'entrepreneur-général des ponts de France, et qui s'était obligé de joindre l'île Saint-Louis aux deux parties de la ville. Il fut commencé en 1613, et fini en 1635. En 1658 une crue fit tomber deux arches et les vingt-deux maisons qu'elles sup-

portaient. Les arches furent promptement rétablies, mais les maisons n'ont point été reconstruites; les autres ont été démolies en 1785.

Le pont Marie est composé de cinq arches en plein cintre, de 14,2 à 17,8 metres d'ouverture. Les piles sont décorées comme celles du pont Saint-Michel. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 23,7 metres.

Pont de la Tournelle, à Paris. (Pl. VI, fig. 107.)

Le pont de la Tournelle a été bâti par Christophe Marie, à-peu-près dans le même temps que le précédent, dont il est séparé par l'île Saint-Louis. Il fut fini en 1656. Il est composé de six arches en plein cintre, de 15,6 à 17,7 metres d'ouverture. Il est décoré de la même maniere que le pont Marie. Sa largeur est de 16,24 metres.

Pont au Change, à Paris. (Pl. VI, fig. 103.)

Cet ouvrage a été commencé en 1639 et fini en 1647. Il est composé de sept arches en plein cintre de 10,7 à 15,7 metres d'ouverture. Sa largeur, entre les têtes, est de 32,6 metres, et l'on y avait construit deux rangs de maisons qui ont été démolies dans ces derniers temps.

Pont de Saintes, sur la Charente. (Pl. VIII, fig. 147, 148.)

Ce pont est composé de deux parties, dont l'une est de construction antique, et l'autre a été bâtie en 1666, sur les dessins de François Blondel, et par les soins de M. de Bassompierre,

évêque de Saintes. La premiere est composée de six arches de 6,2 à 11,6 metres d'ouverture, dont trois sont en ogive, et les six autres en plein cintre. Elle est séparée de la seconde partie par un môle sur lequel on voit un arc de triomphe romain, élevé à Germanicus. La partie antique est composée d'une petite arche de 3,7 metres, attenante au môle, et de trois autres en arc de cercle de 8 à 9 metres d'ouverture. Elles sont ornées d'archivoltes, et le dessus des piles offre des ouvertures. Ces piles, élevées par Blondel, sont fondées sur un fond de glaise de plus de 30 metres de profondeur, par le moyen d'un grillage et d'une plate-forme qui portent un radier général de 1,65 metre d'épaisseur.

Pont de Maestricht, sur la Meuse. (Pl. VII, fig. 116.)

Cet édifice a été bâti en 1683, par F. Roman, dominicain. Il est composé de huit arches en pierre, de 12 à 13,5 metres d'ouverture, et d'une travée en bois de 19,9 metres, qui facilite les moyens de couper le pont en cas de siége. Les arches sont ornées d'archivoltes. Le plan des avant-becs des piles a la forme d'un triangle équilatéral, et leur arriere-bec celle d'un demi-octogone. L'angle saillant de l'avant-bec se trouvant trop aigu, a été détruit par les glaces : on répare actuellement cette dégradation, et l'on a soin d'arrondir cet angle.

Pont des Tuileries, à Paris. (Pl. VI, fig. 96.)

Il existait autrefois, dans le même emplacement, un pont de bois qui fut incendié en 1656, ainsi que la machine de Joly,

servant à élever les eaux de la Seine, et il fut alors question de le reconstruire en pierre. Le cardinal Mazarin proposa de faire payer sa construction par le moyen d'une espece de loterie; mais elle ne put pas être remplie, et le pont fut rebâti en bois. Il fut emporté par les grandes eaux, le 20 février 1684, et les fondements de celui qui existe actuellement furent posés le 25 octobre de l'année suivante. Louvois venait de succéder à Colbert dans la charge de sur-intendant des bâtiments.

Les dessins ont été donnés par Jules-Hardouin Mansard, et la construction a été suivie par Gabriel. La fondation de la premiere pile du côté des Tuileries ayant présenté des difficultés, à cause de la mauvaise qualité du terrain, on appela de Maestricht le frere Roman, que l'on croit être le premier constructeur qui ait employé les machines à draguer. Après avoir préparé, par leur moyen, le terrain sur lequel la pile devait être élevée, il y fit échouer un grand bateau marnois rempli de matériaux, et l'entoura de pieux battus sous l'eau et d'une jetée de pierres. On forma ensuite une espece de caisse ou creche, contenant des assises de pierre cramponnées, attenantes à ses parois; et après qu'elle eut été immergée et consolidée par de longs pieux de garde, on remplit le vide que laissaient entre eux les parements avec des moellons et du mortier de pouzzolane, que l'on employa pour la premiere fois à Paris.

Cette fondation fut chargée d'un poids beaucoup plus considérable que celui qu'elle devait soutenir après la construction du pont; et comme, au bout de six mois d'épreuves, il ne se manifesta qu'un tassement de 27 millimetres, qui fut attribué à la retraite des mortiers, on éleva avec confiance la pile et les deux

arches collatérales. C'est dans cette pile qu'on a déposé les inscriptions et les médailles.

Le pont des Tuileries est composé de cinq arches en anse de panier, de 21 à 23,5 metres d'ouverture; sa largeur est de 17 metres. Les arches sont distribuées avec plus de régularité que dans tous les ponts de Paris qui l'ont précédé. On a évasé les deux entrées du pont, en formant sur la moitié des dernieres arches des pans coupés soutenus par des trompes, ce qui en facilite singulièrement l'abord aux voitures. La riviere est plus resserrée sous ce pont que dans tout autre point de son cours; en conséquence, le courant y a acquis une rapidité et une profondeur plus considérables, et il s'y fait annuellement des affouillements dont on a soin de prévenir les suites, en y jetant des matériaux.

Cet édifice a coûté sept cent vingt mille livres du temps.

Pont du Marché-Palu, à Paris. (Pl. VI, fig. 97.)

Il a été détruit plusieurs fois, et rebâti, tel qu'il est actuellement, en 1718. Il est construit sur le petit bras de la Seine, à la suite du pont Notre-Dame; il est composé de trois arches en plein cintre de 6,4 à 9,7 metres d'ouverture.

Pont de Juvisy, près de Paris. (Pl. V, fig. 81, 82.)

Ce pont est remarquable par la faute que l'on y a commise. Les pieds-droits sur lesquels il est élevé n'avaient pas assez d'épaisseur pour résister à la poussée des terres, et on les a contenus par le moyen de huit arcs en pierres de taille, qui ont été construits d'un mur à l'autre. Il eût été préférable d'élever une

autre arche plus basse et plus longue. C'est ce dernier moyen que l'on a adopté dans une circonstance semblable, pour une arche bâtie pour la levée de Cravant : cette arche se trouvait à la fois trop large et trop haute ; et après en avoir construit une seconde, on a remblayé l'espace vide, et démoli les anciens murs en aile, ce qui a fait disparaître entièrement la faute que l'on avait faite.

Aqueduc de Maintenon. (Pl. IX, fig. 9.)

Cet ouvrage immense a été entrepris en 1684 ; on l'a abandonné en 1688. Les nivellements et les calculs du projet ont été faits par Lahire, et le projet lui-même est dû à Vauban qui en a dirigé la construction. Il aurait, s'il avait été achevé, surpassé en grandeur et en magnificence tous les édifices du même genre, anciens et modernes.

L'acqueduc de Maintenon devait faire partie d'un canal destiné à amener à Versailles les eaux de l'Eure, prises à Pongoin, à près de huit myriametres de distance. Ce canal passait sous terre en différents endroits, sur une longueur totale de 1290 metres ; celle de l'aqueduc était de 4990 metres, et sa plus grande hauteur était de 76 metres. Il devait y avoir trois rangs d'arcades les unes sur les autres, et l'on avait construit seulement, dans la partie commencée et qui subsiste encore près de Maintenon, celles du rang inférieur. Elles sont au nombre de quarante-huit. Leur ouverture est de 13,2 metres. L'épaisseur des piles est de 7,96 metres, et elles sont consolidées par des contreforts dont la largeur est de 3,64 metres, et qui ont 1,95 metre de saillie par

le bas. La longueur totale de cette partie est de 877 metres, et sa hauteur d'environ 30 metres.

Les piliers sur lesquels portent les voûtes sont construits avec quatre chaînes de pierres de taille, qui sont d'un grès très-dur, et dont les joints sont très-bien exécutés. L'intervalle est rempli en maçonnerie de blocage qui s'est dégradée en peu de temps, à cause de la mauvaise qualité du ciment. Les voûtes sont généralement construites en briques. On n'a pas eu le soin d'y continuer partout les chaînes de pierres de taille dont les pieds-droits sont fortifiés, et les voûtes pour lesquelles cette précaution n'a pas été prise, offrent beaucoup plus de dégradations que les autres.

La partie exécutée de l'aqueduc de Maintenon est plus dégradée que bien des édifices antiques, quoiqu'elle n'ait pas un siecle et demi d'ancienneté. Il est vrai que l'on a hâté les effets du temps, en enlevant des pierres pour les constructions voisines. On assure qu'elle a coûté plus de vingt-deux millions.

Aqueduc de Buc, près de Versailles. (Pl. IX, fig. 7.)

Cet ouvrage a été construit pour amener à Versailles les eaux de la plaine de Saclé. Il est composé de deux rangs d'arcades. Celles du rang supérieur sont au nombre de dix-neuf; celles du rang inférieur portent un pont dont la largeur est seulement de 4 metres, et sur lequel la route traverse le vallon. Elle est en outre portée sur une levée en terre, de sorte que les arcades inférieures sont entièrement enterrées, et que le rang supérieur est le seul que l'on puisse voir. La longueur est de 410 metres, et la hauteur de 13 metres. La maçonnerie des piliers est faite

en pierre meuliere, et ils sont consolidés par des chaînes de pierres de taille. On n'a point construit de contreforts, mais on y a suppléé en donnant beaucoup de talus à leurs parements. L'épaisseur des piliers est dans le haut de 4,22 metres.

Aqueduc de Marly. (Pl. IX, fig. 4.)

Cet aqueduc est destiné à conduire à Versailles les eaux qui sont élevées par la machine de Marly; il commence au réservoir situé sur le côteau au pied duquel cette machine est placée, et s'étend sur une longueur de 644 metres. Il est composé d'un seul rang d'arcades de 7,8 metres d'ouverture. Les piliers qui les supportent ont aussi 7,8 metres de largeur. Leur épaisseur est, par le bas, de 5,85 metres; et, par le haut, de 1,95 metre. La plus grande hauteur de l'aqueduc est de 25 metres.

SECTION III.

DES PONTS CONSTRUITS DANS LE XVIIIe SIECLE.

Pont de Blois, sur la Loire. (Pl. V, fig. 73.)

Cet ouvrage est le premier grand pont bâti depuis l'établissement du corps des Ponts et Chaussées; et c'est aussi le premier qui présente du soin et de la régularité dans sa disposition. Il a été commencé en 1720 par Pitrou, sur les dessins de Gabriel. Il est composé de onze arches en anse de panier, de 16,7 à 26,3

metres d'ouverture. L'avant-bec des piles a la forme d'un triangle équilatéral, et leur arriere-bec celle d'un demi-hexagone. Les trois premieres de chaque côté ont 4,87 metres d'épaisseur; les deux piles qui soutiennent l'arche du milieu, 5,20 metres. On a donné aux deux autres 7,47 metres, et elles ont sans doute été destinées à servir de culées dans le cas où quelques arches seraient emportées. Il paraît cependant que les autres piles seraient suffisamment épaisses pour résister à la poussée.

La pente du pavé du pont est de 49 millimetres par metre. Elle est trop considérable : les grandes eaux montent jusqu'à la clef des petites arches, tandis qu'il reste aux arches du milieu un espace considérable et inutile. Le pont ayant paru, après sa construction, ne pas donner à la Loire un débouché suffisant, on a construit, à quelque distance en amont, un déchargeoir qui porte les eaux en aval.

Pont de Compiegne, sur l'Oise. (Pl. V, fig. 93.)

Cet ouvrage a été bâti, en 1733, par Hupeau, ingénieur des ponts et chaussées. Il est composé de trois arches en anse de panier surbaissée au tiers; deux d'entre elles ont 21,4 metres d'ouverture, et l'autre 23,4 metres. Il paraît que c'est à ce pont qu'on a employé, pour la premiere fois, des avant-becs dont le plan est un triangle mixtiligne formé par deux arcs égaux chacun au sixieme de sa circonférence.

Pont des Têtes, sur la Durance. (Pl. IV, fig. 62.)

Cet édifice a été bâti en 1732, pour la route de Briançon aux Têtes, par Henriana, ingénieur militaire. L'arche est décrite

par une portion de cercle, et approche beaucoup du plein cintre. Son ouverture est de 38 metres. Les voussoirs dont la voûte se compose ont alternativement 1,46 et 1,62 metre de longueur. Sa largeur est, au sommet, de 4,87 metres seulement; mais le pont s'élargit vers les entrées, et l'on a eu soin de donner en même temps aux têtes un talus considérable. Cette disposition, qui tend à assurer la stabilité de l'édifice, et dont on connaît quelques autres exemples, paraît s'appliquer d'une maniere plus avantageuse aux ponts en bois qu'aux ponts en pierre.

Pont de Charmes, sur la Moselle. (Pl. VII, fig. 113.)

Cet ouvrage a été bâti en 1740. Il est composé de dix arches en plein cintre, de 19,5 metres d'ouverture, et de deux arches également en plein cintre et plus petites, de 10,4 metres. Les eaux ne s'élevent qu'à 2,27 metres de hauteur. Le débouché du pont est visiblement trop considérable. Les petites arches placées aux extrémités sont séparées du reste du pont par des massifs de 39 metres d'épaisseur. Les avant et arriere-becs des piles sont en pierres de taille; mais les voûtes et les tympans sont seulement en moellons piqués.

Pont de Toul, sur la Moselle. (Pl. VII, fig. 129.)

Ce pont a été bâti sur la Moselle, en 1754, par M. Gourdain. Il est composé de sept arches en anse de panier, de 14,6 à 16,6 metres d'ouverture. Il est construit en pierres de taille.

Pont de Port de Piles, sur la Creuse. (Pl. VIII, fig. 130.)

Cet ouvrage a été bâti, en 1747, par M. Bayeux. Il est composé de trois arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 30,2 à 31,6 metres d'ouverture. Les voussoirs des voûtes ont été posés sans cale, sur des lits de mortier battus au maillet, et on a introduit dans les joints des voussoirs, jusqu'au sixieme cours à partir de la clef, des coins de bois longs et larges, par le moyen desquels ils ont été fortement comprimés. Il est résulté de cette disposition que la voûte de la grande arche n'a tassé que de 34 millimetres après le décintrement. Le tassement des deux autres a été un peu moins considérable.

Pont du Pape, sur l'Erieux. (Pl. VII, fig. 115.)

Cet ouvrage a été construit, en 1756, par M. Pitot. Il est composé de sept arches en arc de cercle approchant du plein cintre, de 14,8 metres d'ouverture. Il est bâti en pierres de taille. Ses culées sont fondées sur le rocher, mais toutes les piles sont établies sur des pilotis. On a construit un radier général, en plaçant, en amont et en aval, un rang de pilots coiffés d'un chapeau.

Pont de Cravant, sur l'Yonne. (Pl. VIII, fig. 140.)

Cet ouvrage a été bâti par M. Advyné, en 1760. Il est composé de trois arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 17,5 à 19,5 metres d'ouverture. L'épaisseur des piles est de 3,9 metres.

Pont d'Orléans, sur la Loire. (Pl. V, fig. 77.)

Cet ouvrage a été commencé en 1751, sur les projets de M. Hupeau. Les travaux ont été conduits, sous ses ordres, par M. Soyer. Il a été fini en 1760. M. Pitrou avait fait un autre projet à-peu-près semblable, si ce n'est que l'emplacement en était un peu différent, et que le rayon des arcs à partir des naissances, dans les anses de panier, était plus grand, ce qui tendait à augmenter le débouché.

Il est composé de neuf arches en anse de panier surbaissée au quart, qui ont depuis 29,9 jusqu'à 32,5 metres d'ouverture. Les pieds-droits ont depuis 1,89 jusqu'à 3,25 metres de hauteur, et l'épaisseur des piles varie de 5,52 à 5,85 metres; celle des culées est de 7,15 metres. L'épaisseur de la voûte est de 2,11 metres à l'arche du milieu, et de 1,79 metre à l'arche qui joint les culées. La largeur du pont, d'une tête à l'autre, est de 14,94 metres. Le plan des avant-becs des piles est formé par deux arcs du sixieme de la circonférence, et celui des arriere-becs, par un demi-cercle.

Les fondations du pont sont établies sur des pilots portant un grillage et une plate-forme de charpente. Le terrain est composé d'une couche de sable de 3 à 4 metres d'épaisseur, qui recouvre des couches irrégulieres de marne et de tuf pierreux. Un fond de cette espece étant très-perméable à l'eau, les épuisements ont présenté de grandes difficultés. Il s'est offert dans les enceintes des batardeaux dont on entourait successivement l'emplacement des culées et des piles, plusieurs sources qu'il a été impossible d'épuiser, et que l'on a enfermées dans des cuves où on permettait à l'eau de s'élever, et autour desquelles on construisait une

espece de batardeau avec des palplanches et de la glaise. La nature du terrain a aussi rendu, dans quelques endroits, le battage des pieux excessivement irrégulier; et souvent, à côté d'un pieu qui n'avait pris que deux metres de fiche dans le tuf, il s'en est trouvé d'autres qui ont pris jusqu'à 5 metres, et d'autres qui ont été entièrement perdus. Les pieux, pendant leur battage, présentaient successivement différents degrés de résistance, à raison de la nature des couches alternatives qu'ils traversaient.

Les voûtes ont été construites sur des cintres retroussés, qui se sont trouvés trop faibles, et que l'on a fortifiés en ajoutant quelques pieces dans la partie supérieure. Après leur construction il se manifesta un tassement dans le corps quarré de la septieme pile, à compter du côté de la ville. On prit le parti d'ajouter au poids des deux voûtes qu'elle supporte, une charge de moellons que l'on a portée jusqu'à 1275 mille kilogrammes. La pile a successivement descendu sous cette charge et s'est arrêtée après un tassement total de 50 centimetres. Le poids dont on l'avait chargée est resté en place pendant plus de cinq mois après la fin du tassement. On a cru cependant devoir décharger cette pile et les reins des arches, par le moyen de trois petites voûtes disposées dans la partie supérieure, et qui ne paraissent point en dehors, parce que les parements sont remplis. La même précaution a été prise pour la cinquieme, la sixieme et la septieme pile. Les deux voûtes adjacentes à la septieme pile n'ont éprouvé aucun accident, et il est seulement résulté dans leur courbure une légere irrégularité qui est à peine sensible à la vue. On n'avait rien remarqué, pendant la fondation de cette pile, qui annonçât un pareil événement. On a pensé qu'il s'était trouvé sous le banc

de tuf, où la pointe des pilots s'était arrêtée, un terrain qui n'avait pas assez de consistance, et qui en aura suffisamment acquis par l'effet du poids dont on l'aura chargé et de la compression qu'il a éprouvée.

L'année d'après la construction du pont il se fit sous trois arches, ainsi qu'au pied de quelques avant-becs, un affouillement d'environ 65 centimetres de profondeur dans le tuf. On battit alors, sur toute la longueur du pont, et à 2 metres de distance au-dessous des arriere-becs, deux files de pieux presque jointifs, éloignées de 3,9 metres, que l'on recépa à un metre au-dessous de l'étiage, et dont on eut soin de remplir l'intervalle par une jetée de moellons. On remplit également toutes les autres parties affouillées.

Le devis fait par M. Hupeau, montait à la somme de 2,084 mille livres; il y a eu pour 587 mille livres d'ouvrage en augmentation, ce qui a fait monter la dépense totale à 2,671 mille livres. La réception a été faite en 1763, par Perronet, qui a publié les détails de la construction.

Pont de Saumur, sur la Loire. (Pl. V, fig. 83.)

Les projets du pont de Saumur ont été faits par M. de Voglie, et présentés à l'assemblée des Ponts et Chaussées en 1753. Les travaux ont été commencés en 1756, et terminés en 1764. Ils ont été suivis par M. de Cessart.

Cet ouvrage est composé de douze arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 19,5 metres d'ouverture. Les piles ont 3,9 metres d'épaisseur; il y en a quelques-unes où les pieds-droits ont 5,2 metres de hauteur au-dessous des naissances.

Les premieres sondes indiquerent un banc de gravier de 4 à 5 metres d'épaisseur, et la longueur des pieux fut fixée de 9 à 10 metres. On entreprit d'abord de fonder une culée et la pile voisine; mais les épuisements présenterent de grandes difficultés; on ne put terminer que la pile dans la premiere campagne, et les pieux ne furent recépés qu'à 1,33 metre au-dessous de l'étiage. La culée fut achevée dans la seconde campagne, et les pieux furent recépés à 1,3 metre au dessous des basses eaux.

On sentit l'impossibilité d'établir des batardeaux et des épuisements pour les piles situées au milieu de la riviere, et l'on chercha alors à faire usage d'une méthode indiquée par Bélidor, qui consiste à recéper les pieux sous l'eau, et à descendre, par le moyen de plusieurs vis solidement établies, un grillage chargé de maçonnerie; M. de Cessart composa une scie destinée à opérer cette manœuvre. Mais un examen plus approfondi engagea les ingénieurs à faire usage des caissons que la Bélie venait d'employer au pont de Westminster, et qui avaient été seulement établis sur le terrain nivelé avec soin. Le fond de ces caissons était composé de pieces jointives de 25 à 26 centimetres de grosseur, qui pouvaient s'appuyer par-tout sur les pieux, et les bords étaient mobiles et susceptibles de s'enlever après l'échouage, et de s'adapter à un nouveau fond.

Toutes les autres piles et la seconde culée ont été fondées de cette maniere. Les pieux de la seconde pile furent recépés à 2,3 metres au-dessous de l'étiage, et quelques-uns l'ont été à 3,9 metres. On avait soin de draguer entre les pieux le sable, autant que cela était possible, et de remplir les intervalles par des jetées de moellons dont on arrasait la surface supérieure à 16 centimetres au-dessous du niveau des têtes des pieux recépés.

afin de ne pas nuire à l'échouage du caisson. On faisait également des jetées de moellons autour de chaque pile.

On a employé au battage des pieux des sonnettes à déclic, mues par une roue de champ adaptée à un treuil horizontal; elles ont produit une économie de moitié sur la dépense et sur le nombre d'hommes. La scie à recéper, qui depuis a été employée à beaucoup d'autres ouvrages, a eu le plus grand succès. Elle a coupé quelquefois jusqu'à vingt-deux pieux dans un jour. On doit considérer l'invention de cette machine comme un pas très-important fait dans l'art de fonder sous l'eau, et comme un des moyens les plus puissants qui soient à la disposition des constructeurs, pour vaincre les difficultés que la nature leur oppose.

Pont de Tours, sur la Loire, (Pl. V, fig. 74.)

Cet ouvrage a été commencé en 1755, par M. Bayeux. Il est, après les ponts du Saint-Esprit et de la Guillotiere, le plus long de tous les ponts qui existent en France; il a été fini en 1762.

Le pont de Tours est composé de quinze arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 24,4 metres d'ouverture. Les piles ont 4,87 metres d'épaisseur. La largeur, entre les têtes, est de 14,6 metres. Il a été fondé en partie par épuisement, et en partie par caisson. Sa longueur et son débouché paraissent beaucoup plus considérables qu'ils ne devraient être, en les comparant à ceux des ponts voisins, ce qui n'a pas empêché qu'il n'y soit arrivé plusieurs accidents.

Le fond est composé d'un banc de sable de 2 à 3 metres d'épaisseur, sous lequel on trouve, à 6 à 7 metres au-dessous des basses eaux, un tuf solide, dans lequel la pointe des pieux a

pénétré d'environ 35 centimetres. Cette fondation paraissait assez sûre; cependant les pieux de l'une des piles ont cédé sous le poids qu'ils supportaient. Elle s'est affaissée d'environ un metre, et s'est portée en aval de la même quantité. On a pris le parti de démonter les voûtes, de déraser la pile, et de la construire de nouveau sur l'ancienne fondation. Cet événement a été attribué à la mauvaise qualité des bois des pieux qui étaient restés long-temps sur la terre avant d'être employés, et qui étaient en partie pourris.

Une débacle a ensuite occasionné l'affouillement de trois autres piles. Les glaces formerent, à l'amont du pont, une sorte de barrage, et les eaux ayant seulement pris leur cours sous les arches situées du côté du faubourg, leur rapidité devint telle qu'elles enleverent le sable qui se trouvait entre les pieux et affouillerent jusqu'à leur pied. Il y eut quatre arches écroulées. Leur reconstruction présentait de grandes difficultés. On parvint pour la premiere, avec beaucoup de soins et de dépenses, à enlever les décombres et la plate-forme, ce qui mit à même de consolider la fondation, et de l'établir d'une maniere plus sûre. La même opération paraissait plus difficile encore pour la seconde, où les pieux s'étaient déversés sur le côté d'environ un metre; et l'on proposa alors de supprimer les trois dernieres arches, ce qui eût encore laissé un débouché plus considérable qu'il n'était nécessaire, en le comparant à celui de la riviere, au pont de Blois. Cet avis n'ayant point été adopté, on indiqua, pour faciliter l'enlevement du caisson, une méthode qui consistait à établir un batardeau sur la plate-forme même du caisson qui dépassait de 1,3 metre la maçonnerie, et de lui restituer, pour ainsi dire, ses anciennes faces latérales. On aurait ensuite épuisé dans l'intérieur,

et enlevé facilement les assises et la plate-forme elle-même. Il était impossible d'établir un batardeau à l'ordinaire, à cause de la grande profondeur, et des décombres des voûtes.

Cette méthode ne réussit pas entièrement, parce que les pieux avaient cédé inégalement : ceux du pourtour ayant résisté plus que les autres, la plate-forme s'était brisée, et la pile avait, pour ainsi dire, passé au travers. Les disjonctions rendaient alors l'épuisement total de l'intérieur des batardeaux impossible. On fut réduit à enlever par partie les assises restantes, en multipliant les machines et les épuisements : et le fond du caisson se trouvant entièrement déchargé, il fut soulevé par le moyen de trente-six tire-fonds attachés à différentes machines mues par quatre-vingt-seize hommes, qui enlevaient à-la-fois environ 93 mille kilogrammes. On le conduisit ensuite au bord de la riviere, en le soutenant par le moyen de cent cinquante tonneaux et de deux nacelles. Ces travaux se continuent actuellement.

Pont de Moulins, sur l'Allier. (Pl. V, fig. 75.)

Cet ouvrage a été commencé en 1756, et fini en 1764, sous la direction de M. de Regemorte. Il est composé de treize arches en anse de panier, de 19,5 metres d'ouverture. Les piles ont 3,57 metres d'épaisseur. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 13 metres.

L'établissement de ce pont paraissait offrir de très-grandes difficultés. On avait construit dans le même emplacement, et dans l'espace de trente-cinq ans, trois ponts, dont deux en pierre, qui avaient été successivement emportés. Le dernier avait été bâti par Mansard; il était composé de trois grandes

arches en anse de panier, soutenues par des piles très-épaisses, et qui ne laissaient au débouché qu'une longueur de 115 metres. Le pont actuel lui en donne 253. Il paraît que la chûte de ces ponts doit être attribuée à-la-fois à des vices de construction et au défaut d'étendue, circonstances que la nature du fond rendait extrêmement dangereuse. Ce fond est composé d'un gros sable que l'on trouve encore à une très-grande profondeur, et dans lequel on a beaucoup de peine à faire pénétrer les pieux jusqu'à trois ou quatre metres, quoique les crues produisent quelquefois des affouillements de 5 à 6 metres de hauteur.

M. de Regemorte sentit la nécessité d'augmenter considérablement le débouché, afin de diminuer la vîtesse du courant; et l'événement a prouvé que celui qu'il lui a donné est loin d'être trop considérable. En effet, en 1790 l'eau s'est élevée à un metre de distance du cerveau des voûtes; et l'on pense que si la levée placée à droite du pont n'avait pas crevé, il aurait couru quelques risques. Cette augmentation de longueur ne suffisait cependant pas pour rassurer entièrement sur la stabilité du pont. Le moindre obstacle placé sous quelques arches pouvait occasionner des affouillements sous les autres; et pour prévenir cet événement, on construisit sous le pont un radier général, de 2 metres d'épaisseur, et dont la surface supérieure est placée à un metre au-dessous de l'étiage; sa largeur est de 34 metres. Au moyen de cette précaution, il paraît qu'il ne doit rester aucune crainte sur la durée de cet ouvrage. Il en est peu dont les dispositions aient été coordonnées avec les circonstances locales d'une maniere plus intelligente. Les détails de sa construction ont été publiés par M. de Regemorte.

Aqueduc de Montpellier. (Pl. IX, fig. 12.)

Cet aqueduc est un des plus beaux ouvrages de ce genre que l'on puisse trouver en France. Il est destiné à conduire à la ville de Montpellier les eaux des sources de Saint-Clément et du Boulidou. Il a été construit en treize ans par Pitot.

Il est composé de deux rangs d'arcades. Le rang inférieur en a soixante et dix. Leur ouverture est de 8,45 metres, et l'épaisseur des piliers, de 3,73 metres. Celles du rang supérieur n'ont que 2,76 metres. La plus grande hauteur de l'aqueduc est de 28 metres. Il est entièrement construit en pierres de taille.

Il aboutit, à l'une de ses extrémités, à la place du Peyrou, qu'il traverse sur trois arcades, et que l'on a décorée d'un château d'eau. Sa longueur totale est de 980 metres.

Aqueduc de Carpentras, sur l'Auzon. (Pl. IX, fig. 8.)

Cet ouvrage est composé de trente-trois arcades en plein cintre, de 11,7 metres d'ouverture, et de douze arcades plus petites, de 7,8 metres, non comprise une arche en arc de cercle, de 23,4 metres, sur laquelle il traverse l'Auzon. L'épaisseur des piliers est de 3,9 metres. Sa largeur, dans le haut, est de 2,27 metres, et dans le bas, de 5,2 metres. La plus grande hauteur est de 25 metres. La longueur totale est de 780 metres.

Pont de Dôle, sur le Doubs. (Pl. VII, fig. 128.)

Cet ouvrage a été commencé en 1760, et fini en 1764, par

M. Guéret ; il est composé de sept arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 15,9 à 18,8 metres d'ouverture. Les piles ont de 3,25 à 3,5 metres d'épaisseur. Elles sont fondées à 2,3 metres sous les basses eaux, et portées sur de petits pilots d'environ 4 metres de longueur. Les parements sont en pierres de taille, et le pont paraît avoir été bâti avec soin.

On avait construit une espece de faux radier en aval, et fait quelques jetées à l'entour des piles. Cependant deux d'entre elles viennent d'être affouillées, ce qui a occasionné la chûte des arches correspondantes. Les pilots qui les supportaient avaient été entièrement dépouillés des matériaux qui servaient à les contenir, et l'on s'était contenté de faire quelques jetées autour des piles, sans remplir le vide qui se formait dans l'intérieur même de la fondation.

Pont de Bord, sur l'OEil. (Pl. VII, fig. 125.)

Ce pont, bâti en 1764, par M. Leclerc, se trouve sur la route de Moulins à Autun. Il est composé d'une seule arche de 21,1 metres d'ouverture. Tous les parements sont en pierres de taille, et l'appareil en est très-beau.

Pont de Mantes, sur la Seine. (Pl. VI, fig. 109.)

Ce pont a été construit sur les projets de M. Hupeau, qui a fait commencer les fondations en 1757, et achevé par Perronet. Les travaux ont été terminés en 1765. Il est composé de trois arches en anse de panier, de 35,1 et 39 metres d'ouverture. Leurs naissances sont établies à un metre sous l'étiage, et la plate-forme des fondations, à 2 metres. La hauteur de l'arche

du milieu est de 11,37 metres, et celle des arches collatérales, de 10,88. Les piles ont 7,8 metres d'épaisseur, et les culées 8,77 metres. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 10,8 metres.

On commença la construction des voûtes de ce pont par celle de l'une des arches collatérales, et cette arche était presque entièrement terminée, lorsqu'il n'y avait encore que dix cours de voussoirs posés à l'arche du milieu. L'inégalité de poussée qui en résulta sur la pile intermédiaire, lui occasionna un mouvement de translation dans le sens horizontal. Il paraît que les pieux prirent une légere inclinaison, et quoique l'on fît sur-le-champ travailler à la grande arche, où l'on posa des voussoirs avec la plus grande célérité possible, le mouvement ne s'arrêta qu'après que la pile eût été transportée de 122 millimetres. On continuait d'élever la grande arche; et pour prévenir l'effet de la poussée sur l'autre pile, on eut soin de maintenir l'écartement du cintre par des tirans composés de pieces assemblées à trait de Jupiter. Cette précaution réussit parfaitement; et après la pose des clefs, la premiere pile fut reportée de 60 millimetres vers son premier emplacement. Les détails de la construction ont été publiés par Perronet.

Pont de Nogent, sur la Seine. (Pl. VI, fig. 110.)

Cet ouvrage, construit de 1766 à 1769, par Perronnet, est composé d'une arche en anse de panier, de 29,24 metres d'ouverture, et de 8,77 metres de hauteur sous clef, à partir des naissances. L'épaisseur des culées est de 5,85 metres; elles sont accompagnées par derriere d'épaulements et de murs de terrasses.

La voûte est construite en grès très-dur, et son épaisseur est de 1,3 à 1,6 metre.

Le pont de Nogent a présenté le sujet d'une expérience intéressante sur les mouvements et la rupture des voûtes. On avait construit, avant le décintrement, une portion de la maçonnerie des reins, ce qui a empêché en partie les joints des voussoirs, qui s'étaient ouverts pendant la pose, de se refermer comme ils le font ordinairement ; d'un autre côté, ce décintrement a été exécuté immédiatement après la fermeture de l'arche, ce qui en a précipité le tassement : ces diverses circonstances ont rendu très-visible les points où les parties agissantes de la voûte se séparent des parties résistantes ; et l'on avait fait d'ailleurs des dispositions particulieres dans la vue de les reconnaître exactement. On reviendra sur ce sujet livre II, chapitre IV.

Pont d'Albias, sur l'Aveyron. (Pl. V, fig. 91.)

Cet ouvrage a été construit en 1770, par M. Boesnier. Il est composé de trois arches en anse de panier, de 23,4 et 25,3 metres d'ouverture. Sa longueur, d'une tête à l'autre, est de 11,9 metres.

Pont de Sorges, sur l'Anthion. (Pl. V, fig. 78.)

Cet ouvrage a été construit par M. de Regemorte. Il est composé de sept arches de 5,9 metres d'ouverture. On y a placé des portes au moyen desquelles on peut fermer entièrement le passage aux eaux. Cette disposition a pour objet de remédier aux inondations de la Loire, dont les crues couvraient un pays très-étendu, et qui faisaient refluer à une grande hauteur la riviere sur laquelle ce pont a été bâti.

Pont de Carbonne, sur la Garonne. (Pl. VIII, fig. 133.)

Cet ouvrage a été construit, en 1770, par M. Saget. Il est composé de trois arches égales en anse de panier, surbaissée au tiers, de 31,2 metres d'ouverture. Les voûtes sont extradossées. Les voussoirs des têtes, les avant et arriere-becs, les cordons et les bahuts, sont en pierres de taille; le reste est en brique. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 7,8 metres.

Pont de Montignac, sur la Vezere. (Pl. VII, fig. 121.)

Cet édifice a été commencé en 1766, et fini en 1772, par M. Tardif. Il est composé de deux arches en plein cintre, de 13 metres d'ouverture, et d'une arche en anse de panier, de 20,1 metres. Les culées et l'une des piles ont été fondées sur le rocher, les autres sont portées par des pilotis.

Pont de Brives, sur la Loire. (Pl. VII, fig. 126.)

Cet ouvrage a été construit en 1772, par M. Grangent. Il est composé de cinq arches en anse de panier, de 15,5 à 18 metres d'ouverture, et de deux petites arches en plein cintre, de 3 metres d'ouverture, placées derriere les culées. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 8,7 metres. Ce pont est fondé sur le rocher; et, dans une grande crue, les eaux se sont élevées jusqu'à la hauteur du cordon sans qu'il en ait souffert. C'est le premier pont sous

lequel passe la Loire, qui, dans cet endroit, n'est encore qu'un torrent rapide.

Pont de Pesmes, sur l'Ougnon. (Pl. VII, fig. 123.)

Cet ouvrage a été construit en 1772, par M. Bertrand. Il est composé de trois arches en arc de cercle, de 13,64 metres d'ouverture. Les piles ont 1,95 metre d'épaisseur, et les culées 3,90 metres. Les voûtes sont fort surbaissées, et la fleche de leur courbure est seulement de 1,19 metre, c'est-à-dire, à très-peu de chose près, le douzieme de la corde. L'épaisseur de la voûte au sommet est de 1,19 metre. La hauteur des pieds-droits est de 3,57 metres, à compter de la plate-forme.

Le pont de Pesmes est le premier en France où l'on ait employé des arcs de cercle dont les naissances sont placées au niveau des hautes eaux. Les voûtes ont beaucoup tassé après leur décintrement; et le manque d'épaisseur dans les culées a occasionné à l'une d'elles des lézardes considérables, et dont on n'a prévenu les suites qu'en employant des précautions extraordinaires.

Pont de Ponthieu, sur l'Huisne. (Pl. VII, fig. 120.)

Ce pont a été bâti en 1773, par M. de Voglie. Il est composé de trois arches en anse de panier, dont le surbaissement est moindre que le quart de l'ouverture, qui est de 17,5 metres. L'épaisseur des culées est de 4,4 metres. Ce pont n'a point de cordon, et le parapet forme une plate-bande, en saillie de 50 centimetres sur le plan des têtes.

Pont de Neuilly, sur la Seine. (Pl. VI, fig. 111.)

Cet ouvrage célebre a été bâti sur les dessins de Perronet. Les travaux, conduits sous sa surveillance par Chezy, ont été commencés en 1768 et achevés en 1774. Il se trouve placé dans l'axe du palais des Tuileries et de l'allée du milieu des Champs-Élysées ; cet alignement est encore prolongé par la route qui s'éleve le long de la butte de Chante-Coq, où elle se partage pour se diriger d'un côté à Saint-Germain, et de l'autre à Bezons.

Il est composé de cinq arches en anse de panier surbaissée au quart, de 39 metres d'ouverture. Leurs naissances sont placées au niveau des basses eaux, et il reste encore 2,27 metres d'intervalle entre les hautes eaux et le cerveau des voûtes. L'épaisseur des piles est seulement de 4,22 metres. Le plan de leurs avant et arriere-becs est un demi-cercle, et ils sont légèrement bombés vers le milieu de leur hauteur. On a placé derriere les culées, dont l'épaisseur est de 10,80 metres, des arches pour le hallage, de 4,55 metres d'ouverture. Les chemins de hallage sont revêtus de perrés sur une grande longueur, et les terres des rampes sont soutenues par des murs qui s'étendent de chaque côté à 101 metres de distance. La largeur du pont, d'une tête à l'autre, est de 14,62 metres, dont 9,42 metres pour le passage des voitures, et 2,03 metres pour chaque trottoir. Les voûtes du pont sont raccordées par des cornes de vache avec les têtes qui sont terminées par un arc de cercle qui n'est autre chose que le prolongement de l'arc du sommet des anses de panier.

Les fondations ont été établies sur pilotis, et par épuisement, à 2,3 metres sous les basses eaux. La largeur de l'empatement

sur lequel les piles sont élevées, est de 6,82 metres, au niveau de la plate-forme qui fait encore une saillie de 65 centimetres, dans tout le pourtour de la fondation. Les parements ont été construits avec de très-grandes pierres de taille, et les massifs de toutes les parties de la construction ont été remplis en libages jusqu'à 8 metres au-dessus des basses eaux.

La riviere se partageait autrefois en deux bras dans le lieu où le pont a été élevé. On a déblayé une partie de l'île pour élargir le bras situé du côté de Courbevoie, et l'autre a été comblé; sans cela on aurait été obligé de faire le pont en deux parties. Il est facile de remarquer, en le comparant aux ponts de Paris, que son débouché est beaucoup trop considérable, et l'on doit regretter qu'un ouvrage aussi parfait dans tous ses détails soit affecté d'un pareil défaut dans sa disposition générale. Les inconvénients qui en résultent se font déja ressentir : on remarque quelques attérissements et quelques prolongements dans les îles entre lesquelles il est situé.

Le pont a été adjugé pour la somme de 2,305 mille livres, non compris les terrasses et les chemins aux abords, qui l'ont été pour la somme de 1,172 mille livres.

Le devis et les détails de la construction ont été publiés dans les ouvrages du célebre Perronet.

Pont d'Ingersheim, sur le Fecht.
(Pl. VII, fig. 119.)

Cet ouvrage a été construit en 1773, par M. Clinchamp, ingénieur militaire. Il est composé de trois arches en anse de panier, dont le surbaissement est entre le quart et le cinquieme, et dont

l'ouverture est de 15,3 et 18,3 metres. L'épaisseur des culées est de 6,5 metres. Il est fondé sur pilotis, à 2 metres sous les basses eaux.

Pont de la Drôme. (Pl. V, fig. 76.)

Cet ouvrage a été construit en 1774, sur la route de Lyon à Marseille, par M. Bouchet. Il est composé de trois arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 26 à 29,2 metres d'ouverture.

Ce pont est d'une très-belle construction, mais il se trouve actuellement fondé trop haut. Le lit de la riviere s'est considérablement abaissé en aval; et comme le pont est construit sur un radier de pierres de taille, il se forme une chûte qui pouvait occasionner de grands affouillements : on les a prévenus en battant des pieux entre lesquels on a jeté de grosses pierres qui résistent à l'action du courant. Le pont est aussi beaucoup trop élevé, les grandes eaux ne montant pas à la moitié de la hauteur des arches; ce qui est d'autant plus visible que l'on peut comparer cette hauteur à celle des levées qui sont situées en amont.

Pont de Horbourg, sur l'Ill. (Pl. VII, fig. 117.)

Cet ouvrage a été construit en 1775, par M. Clinchamp. Il est composé de cinq arches en anse de panier, surbaissée des deux cinquiemes, de 16,9 à 20,8 metres d'ouverture. Il est un peu moins surbaissé que celui d'Ingersheim, mais sa disposition est à-peu-près semblable

Pont de Neuville, sur l'Ain. (Pl. VIII, fig. 150.)

Cet ouvrage à été bâti en 1775, sur les projets de M. Aubry. Il est composé de deux arches en anse de panier, de 29,2 metres d'ouverture, et il est construit et décoré avec soin.

Ce pont est remarquable par la très-grande vîtesse que les eaux prennent sous ses voûtes. Il est fondé sur un rocher que l'on a même creusé, pour l'établir solidement; on a eu beaucoup de peine à construire la levée qui y aboutit; elle a été emportée plusieurs fois, et l'on n'a pu la terminer entièrement qu'en employant la plus grande célérité, et en saisissant le moment où les crues étaient le moins fortes. La chûte qui s'y forme rend son passage extrêmement dangereux pour les trains de bois qui descendent la riviere, et qui courent risque de se briser sur les saillies des rochers.

Pont Fouchards, sur le Thouet, à Saumur. (Pl. VIII, fig. 135.)

Cet ouvrage a été construit sur les projets de M. de Limay. Il est composé de trois arches en arc de cercle, de 25,99 metres d'ouverture, et de 2,635 metres de fleche. Les piles ont 3,9 metres d'épaisseur dans le bas, et 3,09 metres dans le haut. Elles sont fondées à 1,3 metre sous l'étiage, et les pieds-droits ont 5,2 metres de hauteur. L'épaisseur des culées est de 9,74 metres, et la coupe des voussoirs y est continuée sur une longueur de 4 metres.

Les voûtes avaient été surhaussées sur l'épure d'environ 35 centimetres. Elles sont restées un an sur les cintres, et

l'année suivante le tassement total n'avait été que d'environ 19 centimetres. Depuis cette époque, les voûtes ont baissé davantage; il s'est formé des ondulations dans les parapets et quelques lézardes dans les arches.

Pont de Lavaur, sur l'Agoût. (Pl. IV, fig. 59.)

Ce pont a été construit en 1775. Il est composé d'une grande arche en anse de panier, approchant du plein cintre, dont l'ouverture est de 48,7 metres; sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 11,7 metres, et il est accompagné de murs en retour très-élevés. L'épaisseur de la voûte à la clef est de près de 3,25 metres.

Cette grande épaisseur est une des causes des dégradations qui se sont manifestées à ce pont. Les accidents ne provenaient point d'ailleurs d'un manque de force de la part des culées qui sont très-épaisses. Les murs de soutenement dont la forme convexe tend à diminuer la résistance, n'ont pu soutenir l'effort des terres, et il a fallu les reconstruire et les consolider dans l'intérieur. Le débouché de ce pont paraît trop considérable; il est construit avec beaucoup de luxe, et sans doute trop pour le lieu où il est élevé.

Pont de Semur, sur l'Armançon. (Pl. V, fig. 85.)

Cet ouvrage a été construit en 1780, par M. Dumorey. Il est composé d'une seule arche en plein cintre, de 23,4 metres d'ouverture. Les murs en retour dont il est accompagné, soutiennent plus de 13 metres de hauteur de remblais; ils ont 2,92 metres d'épaisseur, et sont consolidés par des contreforts.

Quoiqu'il n'y eût qu'une épaisseur de terre d'environ 4 metres entre les murs situés aux deux têtes du pont, ils ne purent pas la soutenir, et l'on fut obligé de construire en dehors de larges contreforts pour empêcher leur déversement qui avait déja commencé à se manifester, lorsque les remblais n'étaient pas encore aux trois quarts de leur hauteur.

Pont de Navilly, sur le Doubs. (Pl. V, fig. 80.)

Cet ouvrage a été construit en 1780, par M. Gauthey. Il est composé de cinq arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 23,4 metres d'ouverture. Les piles ont, au milieu, 4,87 metres d'épaisseur, et on a donné à leur plan une forme elliptique. La hauteur des pieds-droits est de 2,60 metres, et la plate-forme est établie à 1,30 metre au-dessous des basses eaux.

La courbure des faces des piles et des naissances des arches a été prolongée dans les avant et arriere-becs; par ce moyen le fluide ne rencontre point d'angle ni de face opposés à la direction du courant, et la contraction qu'il éprouve au passage du pont est aussi peu considérable qu'il soit possible. Les voûtes ont été construites avec des chaînes de pierres de taille dont les intervalles sont remplis en moellons piqués, ce qui forme naturellement des caissons. La partie à droite du dessin représente la tête d'aval, et la partie à gauche la tête d'amont.

Pont de Châlons-sur-Saône. (Pl. V, fig. 87.)

Cet ouvrage est un ancien pont composé de cinq arches en plein cintre, de 13 à 19,5 metres d'ouverture. Sa largeur était

de 5,85 metres. Il a été élargi par M. Gauthey, et porté à 9,75 metres. La partie à droite du dessin représente l'amont où les avant-becs étaient triangulaires, et où le rélargissement a été fait par le moyen de cornes de vaches; et la partie à gauche, l'aval, où les arriere-becs étaient rectangulaires et où l'on a formé des archivoltes. On a élevé, sur la partie saillante des avant-becs, des obélisques qui sont engagés de moitié jusqu'à la hauteur du parapet, et qui servent à porter les réverberes. Il y a, outre les cinq grandes arches, une petite arche où passent les chevaux de hallage; et il serait facile, au moyen d'un petit balcon de fer, de passer le câble sous l'arche voisine; par ce moyen le hallage ne serait point interrompu.

Pont de Pont-Sainte-Maxence, sur l'Oise.
(Pl. VI, fig. 112.)

Cet ouvrage a été commencé en 1774, et fini en 1784, sur les projets de Perronet. Les travaux ont été conduits par MM. Dausse et Dumoustier. Il est composé de trois arches en arc de cercle, de 23,39 metres d'ouverture, et de 1,95 metre de fleche. L'épaisseur des piles est de 2,92 metres, et celle des culées de 5,85. Elles sont en outre fortifiées par trois piliers buttants de la même longueur, et de 1,95 metre de largeur. La hauteur des pieds-droits est de 5,85 metres, et les piles sont portées sur quelques assises en retraite qui forment une saillie totale de 1,95 metre. La plate-forme est établie à 2,6 metres sous les basses eaux, ce qui donne, jusqu'aux naissances, une hauteur totale de 8,45 metres. L'épaisseur des voûtes au sommet

est de 1,46 metres. La largeur du pont, d'une tête à l'autre, est de 12,67 metres.

Les piles ne présentent point une masse pleine, comme il est d'usage. Elles sont composées, ainsi que les demi-piles attenantes aux culées, de deux groupes de colonnes, qui laissent entre eux un intervalle de 2,92 metres. Le bas de cet intervalle est formé en arc renversé, et le haut est couvert par une lunette qui pénetre les voûtes des deux arches voisines. On a employé beaucoup de fer dans la construction de ce pont, quoiqu'on eût d'abord formé le projet de n'en point mettre.

Pont de Rumilly, sur le Cheran.
(Pl. VIII, fig. 144.)

Cet ouvrage a été bâti en 1785, par M. Garella. Il est composé d'une arche en plein cintre, de 39 metres de diametre, dont les naissances sont établies à 3,25 metres au-dessus des basses eaux. La largeur, d'une tête à l'autre, est seulement de 7,15 metres. Ce pont offre la plus grande arche en plein cintre qui ait été construite dans le dernier siecle en France.

Pont de Vizile, sur la Romanche.
(Pl. IV, fig. 60.)

Cet ouvrage a été construit par M. Bouchet, sur la route de Grenoble à Briançon. Il est composé d'une arche en anse de panier, de 41,9 metres d'ouverture, et de 11,69 metres de hauteur. L'épaisseur de la voûte à la clef est de 1,95 metre, et celle des culées de 9,75 metres.

Pont de Lempde, sur l'Alagnon. (Pl. VII, fig. 124.)

Ce pont a été bâti en 1785, par M. Mauricet. Il est formé par une arche en anse de panier, de 30,8 metres d'ouverture.

Pont de Homps, sur l'Aude. (Pl. VIII, fig. 145.)

Cet ouvrage a été construit en 1785, par M. Ducros. Il est composé de trois arches en arc de cercle du sixieme de la circonférence, et dont l'ouverture est de 21,4 metres ; l'arc des têtes est plus surbaissé que celui du cintre de la voûte, et l'on a pratiqué de petites cornes de vaches qui se terminent sur les couronnements des avant et arriere-becs des piles.

Pont de Château-Thierry, sur la Marne. (Pl. VIII, fig. 134.)

Cet ouvrage a été commencé en 1765, et fini en 1786, sur les dessins de Perronet. Il est composé de trois arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 15,6 et 17,5 metres d'ouverture. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 10,7 metres. L'épaisseur des piles est de 4,38 metres ; et celle des culées, qui sont en outre fortifiées par des murs en retour, est de 4,55 metres. La fondation est établie sur une plate-forme de charpente portée par des pilots, à 4,14 metres au-dessous des naissances des voûtes. Leur épaisseur à la clef est de 1,22 metre à l'arche du milieu, et de 1,14 metre aux deux autres.

Pont de Mazeres, sur le Lers. (Pl. VIII, fig. 142.)

Ce pont a été bâti en partie en 1787, par M. Pertinchamp. Il est composé d'une arche ancienne en arc de cercle, de 21,4 metres d'ouverture, et de deux arches modernes en plein cintre, de 13,6 et 14,8 metres d'ouverture. Les voûtes sont décorées d'une archivolte, et la pile à laquelle on n'a point construit d'avant et arriere-becs, est revêtue de pilastres. La décoration de ce pont est d'un assez bon effet, mais la suppression des avant-becs peut avoir des inconvénients dans le plus grand nombre des cas.

Pont des Chavannes, à Châlons-sur-Saône. (Pl. V, fig. 88.)

Cet ouvrage a été construit en 1787, à l'extrémité d'un des faubourgs de Châlons-sur-Saône, par M. Gauthey. Il est composé de sept arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 13 metres d'ouverture. La hauteur des pieds-droits est de 2,6 metres, et l'épaisseur des piles de 4,55 metres. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 9,75.

La disposition du terrain ne permettant pas d'élever suffisamment la surface du pavé du pont, les grandes eaux montent jusqu'à la clef des arches; et afin de compenser la diminution de largeur que leur débouché éprouve à mesure qu'elles s'élevent, on a pratiqué, dans la partie supérieure des piles, des ouvertures ovales de 2,6 metres de largeur. Ce pont est fondé sur un gros gravier tellement serré que les pieux ne peuvent y entrer de plus de 1,3 metre. Les édifices qui sont établis sur des ter-

rains de cette espece étant très-sujets à être affouillés, on a construit sous le pont un radier général de 16 metres de largeur sur un metre d'épaisseur, et dont la surface supérieure est établie à un metre sous les basses eaux.

Pont de Rosoi, sur l'Hyeres. (Pl. VIII, fig. 136.)

Ce pont a été construit en 1787, sur les dessins de Perronet. Il est composé de deux arches décrites suivant un arc de cercle égal au sixieme de la circonférence, de 7,8 metres d'ouverture. L'épaisseur des culées est de 3,9 metres, et celle de la pile de 1,95 metre. L'épaisseur de la voûte à la clef est de 82 centimetres. Les voûtes et les parements sont construits en grès très-dur, piqué et appareillé avec soin. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 10,72 metres.

Pont de Brunoi, sur l'Hyeres. (Pl. VIII, fig. 137.)

Cet ouvrage a été construit en 1789, et, comme le précédent, sur les dessins de Perronet. Il est composé de trois arches en arc de cercle égal au sixieme de la circonférence, de 5,85 metres d'ouverture. L'épaisseur des piles est de 1,14 metre, et celle des culées de 3,25 metres. Les naissances des arches sont élévées de 2,27 metres au-dessus de la derniere assise de retraite. L'épaisseur des voûtes à la clef est de 65 centimetres. Le pont est entièrement construit en pierres de taille; ses fondations sont établies sur un radier d'un metre d'épaisseur. La largeur, d'une tête à l'autre, est de 9,26 metres.

Pont de Frouards, sur la Moselle. (Pl. V, fig. 92.)

Ce beau pont a été construit en 1788, par M. Lecreulx. Il est composé de sept arches en anse de panier dont le surbaissement est entre le tiers et le quart, et dont l'ouverture est de 19,5 metres. L'épaisseur des piles est de 3,9 metres. Le plan des avant et arriere-becs est demi-circulaire, et ils sont recouverts par une calotte sphérique très-applatie.

Pont de Maligny, sur le Serin. (Pl. V, fig. 94.)

Ce pont a été construit par M. Werbruge. Il est composé d'une arche en arc de cercle approchant du plein cintre, de 26 metres d'ouverture. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 6,45 metres. La fondation est établie à 1,2 metre au-dessous des basses eaux. Il est très-remarquable en ce qu'il est construit entièrement en moellons de 8 à 10 centimetres d'épaisseur, sur 25 à 30 centimetres de longueur. Ce moellon a été taillé comme la pierre de taille entre ciselures, et les faces retournées d'équerre. Le déchet a été considérable, et le cube de la pierre s'est réduit de moitié. Dans la crainte que les cintres ne se soulevassent vers leur sommet pendant la construction de la voûte, et afin de ne pas être obligé de les charger, on l'a commencée à-la-fois en différents endroits, et elle a été fermée par le moyen de trois clefs. Elle est restée quinze jours sur les cintres. Ce pont est établi solidement, mais la forme en a été légerement altérée : les deux têtes se sont écartées de leur position primitive, et ont pris

dans le même sens sur la longueur du pont une courbure dont la fleche est de 16 centimetres.

Pont de Rieucros, sur la Douctoire. (Pl. VII, fig. 122.)

Cet ouvrage a été commencé en 1770, et fini en 1790, par M. Garipuy. Il est composé de trois arches en anse de panier, de 16,9 metres d'ouverture. Les piles n'ont point d'avant ni d'arriere-becs.

Pont de Mirepoix, sur le Lers. (Pl. VII, fig. 114.)

Cet ouvrage a été construit de 1776 à 1790, par M. Garipuy. Il est composé de sept arches en arc de cercle, du sixieme de la circonférence, de 19,5 metres d'ouverture. Le plan des avant et arriere-becs des piles est un triangle mixtiligne. La largeur entre les têtes est de 7,8 metres. Les fondations sont établies à 6 metres de profondeur, sur le terrain solide.

Pont de la Concorde, à Paris. (Pl. VI, fig. 95.)

Cet ouvrage a été commencé en 1787, et fini en 1791, sur les projets de Perronet; il est composé de cinq arches en arc de cercle de 23,4 metres, 26 metres et 28,6 metres d'ouverture, et dont les fleches ont 1,95 metre, 2,66 metres et 2,99 metres de longueur. L'épaisseur des piles est de 2,92 metres. Les avant et arriere-becs sont formés par des colonnes dont le diametre est aussi de 2,92 metres qui s'élevent jusque sur la corniche, et qui sont engagées des trois quarts de leur rayon dans le corps carré

des piles. Les culées ont 15,6 metres d'épaisseur. La largeur du pont, d'une tête à l'autre, est de 15,6 metres, dont 2,44 metres pour chaque trottoir. L'épaisseur des voûtes à la clef est de 97 centimetres, 1,06 metre et 1,14 metre, y compris 27 centimetres de prolongement dans la partie inférieure de l'architrave.

Les naissances des arches sont établies à 5,85 metres au-dessus des basses eaux; les piles et les culées sont portées sur des assises en retraite qui forment un empatement dont la saillie est de 1,95 metre. La plate-forme est établie à 1,62 metre sous les plus basses eaux.

Ce pont a été construit et décoré avec le plus grand soin. Les têtes sont couronnées par un entablement porté par des modillons, et le parapet est formé par des balustres. Il se trouve, au-dessus des avant et arriere-becs de chaque pile, des socles carrés qui devaient porter des obélisques en fer; ils n'ont pas été exécutés.

Pont de Gignac, sur l'Hérault. (Pl. IV, fig. 57.)

Cet ouvrage a été commencé en 1777, et fini en 1793, par M. Garipuy. Il est composé de deux arches en plein cintre, de 25,3 metres d'ouverture, avec des cornes de vaches, et d'une grande arche en anse de panier surbaissée au tiers, de 48,7 metres d'ouverture, élevée sur des pieds-droits de 2,6 metres de hauteur, et décorée d'une archivolte. L'épaisseur des piles est de 7,8 metres.

Pont placé à la réunion du canal du Midi et du canal de Narbonne. (Pl. VI, fig. 101, 102.)

Le canal du Midi forme un coude à sa jonction avec le canal de Narbonne, où cet ouvrage est situé : ainsi le pont sert à-la-fois de point de réunion à trois branches de canaux, et à trois branches de chemins. Les voûtes sont construites en arc de cercle, et cette disposition était commandée par les chemins de hallage qui suivent les bords du canal. Les têtes du pont sont faites en tour creuse, afin de faciliter les tournants des chemins.

Bélidor a donné la description d'un pont semblable à celui-ci (1), et qui est situé à la rencontre des canaux d'Ardres et de Calais. Ce dernier pont réunit quatre branches de canaux et quatre branches de chemins. Les voûtes en sont construites en plein cintre.

Pont de Nemours, sur le Loing. (Pl. V, fig. 84.)

Ce pont a été construit d'après les projets de Perronet, par M. Boistard. Il a été fini en 1805. Il est composé de trois arches en arc de cercle, de 16,24 metres d'ouverture, sur 955 millimetres seulement de fleche. L'épaisseur des piles est de 2,27 metres, et la hauteur des pieds-droits de 4,22 metres au-dessus de l'étiage, et de 5,85 metres au-dessus de la plate-forme. Les assises en retraite forment au pourtour une saillie de 97 centimetres. L'épaisseur des culées est de 5,14 metres, et elles sont en outre consolidées par trois contreforts de 5,20 metres de lon-

(1) Architecture hydraulique, tome 4.

gueur, sur 1,95 metre d'épaisseur. L'épaisseur des voûtes à la clef est de 975 millimetres. Les voussoirs sont tous d'une seule piece.

Cet ouvrage a été construit avec le plus grand soin, et malgré le surbaissement considérable des voûtes, il ne s'est manifesté aucun accident. M. Boistard a publié quelques expériences qui ont été faites pendant sa construction, sur l'emploi de différentes especes de main-d'œuvre, et sur le produit des machines qui ont servi aux épuisements.

Pont sur la route du Simplon. (Pl. VIII, fig. 151.)

Cet ouvrage est composé de deux travées de 13 metres d'ouverture. Elles sont établies en partie sur le rocher et en partie sur une pile de 6 à 7 metres d'épaisseur et de 29 metres de hauteur. Cette disposition a été adoptée afin que l'on eût la liberté de rompre le pont en cas de guerre. On eût pu, sans cela, réunir les deux rochers par une seule arche de 30 metres d'ouverture.

Pont sur les ravins de la côte de Maires. (Pl. VIII, fig. 131.)

Ce pont, ainsi que quelques autres du même genre, a été élevé pour la route de Viviers au Puy. Les deux arches, placées l'une sur l'autre, ont 10 et 12 metres de hauteur. Quoique construites en granit et en basalte, elles sont considérablement dégradées, ce qui provient de ce que les ravins qui les traversent entraînent, principalement après les crues, des débris de rocher qui ont quelquefois jusqu'à 3 ou 4 metres cubes, et qui cassent

les pierres de ces ponts, dont quelques-uns ont été même entièrement emportés. Il vaut mieux, en général, construire dans des localités semblables un mur épais pour fermer le vallon, qui est bientôt comblé par les débris. Il se forme alors un cassis qui rejette les eaux en cascade au bas de ce mur, qui d'ailleurs ne peut pas être affouillé parce qu'il est fondé sur le rocher.

SECTION IV.

DES PONTS EN CONSTRUCTION EN FRANCE.

Pont de Roanne, sur la Loire. (Pl. V, fig. 79.)

Ce pont a été commencé en 1789. Il est composé de sept arches en anse de panier surbaissée au tiers, de 23,4 metres d'ouverture. On ne leur avait donné dans le premier projet que 20,8 metres. Elles sont portées sur un radier d'un metre d'épaisseur, établi à un metre sous les basses eaux, et composé d'une couche de beton de 65 centimetres, qu'on laisse durcir pendant une année avant de la couvrir avec des pierres de taille. Ce radier est maintenu à l'amont et à l'aval par des files de pieux, et l'on doit en outre faire à l'aval une jetée en moellons de 2,6 metres de profondeur, et maintenue de la même maniere.

Il existait dans l'emplacement de ce pont deux ponts en bois séparés par une île, qui ont été emportés successivement. L'un des bras se trouvant comblé en grande partie, et n'offrant plus

un débouché suffisant, le pont qui le traversait fut enlevé dans une crue. L'autre fut détruit quelques années après, par l'effet d'un barrage formé par une grande quantité de peupliers qui étaient entraînés par la riviere.

Pont de Bellecour, sur la Saône, à Lyon. (Pl. V, fig. 86.)

Cet ouvrage a été commencé à-peu-près dans le même temps que le précédent. Il est composé de cinq arches en anse de panier de 20,8 metres d'ouverture. Il est situé dans un endroit où la riviere est fort resserrée, et où la profondeur est de 5 à 6 metres sous les basses eaux. La fondation se fait par caissons, et les pieux sont recépés à 3 metres sous l'étiage.

Pont de Montlion, sur la Durance. (Pl. VII, fig. 118.)

Ce pont a été commencé en 1805 par M. Delbergue-Cormont. Il est composé d'une seule arche en anse de panier surbaissée au quart, de 31 metres d'ouverture. Il est établi d'un côté sur le rocher, et de l'autre sur un pilotis.

Pont d'Hérault, route de Nice. (Pl. VIII, fig. 146.)

Cette arche a 32 metres d'ouverture. Elle est établie des deux côtés sur le rocher qui lui sert de radier.

Pont de Saint-Diez, sur la Meurthe. (Pl. VIII, fig. 139.)

Cet ouvrage s'éleve sur les dessins de M. Lecreulx. Il est com-

posé de trois arches en arc de cercle de 12 metres d'ouverture, et de deux petites arches en plein cintre, de 4 metres. La fleche de l'arc des premieres est seulement d'un metre. Il est élevé sur des pieds-droits de 1,62 metre de hauteur. L'épaisseur des piles est de 1,62 metre.

Pont de Montélimart, sur le Roubion.
(Pl. VIII, fig. 141.)

Ce pont est situé sur la route de Lyon à Marseille. Il est composé de trois arches en anse de panier, de 19,5 metres d'ouverture. Sa largeur, d'une tête à l'autre, est de 8,77 metres.

Les descriptions contenues dans ce chapitre ne comprennent pas, à beaucoup près, tous les ponts importants qui se trouvent en France, et il eût été facile d'en rassembler un plus grand nombre; mais comme ces descriptions sont principalement considérées dans cet ouvrage comme devant servir à l'histoire de l'art, on a cru devoir s'arrêter ici. On a eu soin en effet de rassembler les ponts qui peuvent être considérés comme les modeles et le type de chaque genre de construction, et les autres n'auraient guere pu, sous ce point de vue, présenter au Lecteur que des répétitions.

TABLE

DES PONTS ANCIENS ET MODERNES DONT LA DESCRIPTION SE TROUVE DANS LE PREMIER LIVRE.

DÉSIGNATION DES PONTS.	NUMÉROS DES FIGURES.	NUMÉROS DES PAGES.
PLANCHE PREMIERE.		
Pont couvert, à Florence, sur l'Arno	1	23
Pont Fabricius, à Rome, sur le Tibre	2	15
Pont Sestius, à Rome, sur le Tibre	3	15
Pont Saint-Ange, à Rome, sur le Tibre	4	16
Pont de la Sainte-Trinité, à Florence, sur l'Arno	5	23
Pont de Capo-Dorso, en Sicile	6	21
Pont de Rimini	7	14
Pont des Sénateurs, à Rome, sur le Tibre	8	14
Pont Berguette, à Rome, sur le Tibre	9	17
Pont sur le Marachia	10	26
Pont sur le Bachiglione, près de Vicence	11	17
Pont Salaro, à Rome, sur le Teverone	12	13
Pont Mammea, sur le Teverone, près de Rome	13	16
Pont Felice, à Rome, sur le Tibre	14	26
Pont Pilantio, sur le Teverone, près de Rome	15	18
Pont antique, à Vicence	16	18
Pont de marbre, à Florence, sur l'Arno	17	23
Pont sur le Cremera, à Civita-Castellana	18	19
Pont Emilius, à Rome, sur le Tibre	19	13
Pont de Vérone, sur l'Adige	20	26
Pont Janicule, à Rome, sur le Tibre	21	15
Pont Corvo	22	24
Pont de Vicence	23	24
Pont de Pavie, sur le Tesin	24	22
Pont de Rialto, à Venise	25	24

DÉSIGNATION DES PONTS.	NUMÉROS DES FIGURES.	NUMÉROS DES PAGES.
PLANCHE II.		
Vieux pont de Londres, sur la Tamise	26	27
Pont de Westminster, à Londres, sur la Tamise	27	28
Pont de Black-Friards, à Londres, sur la Tamise	28	29
Pont d'Essex, à Dublin, sur la Liffi	29	30
Pont de Kiou, sur la Tamise	30	29
Pont de Bleinheim, dans le comté d'Oxfort	31	30
Pont de Hennelay, sur la Tamise	32	30
Pont sur le Taf	33	30
Pont de Sommieres, sur la Vidourle	34	50
Pont de Boisseron, sur la Venouvre	35	50
Pont de Madrid, sur le Mançanarès	36	35
Pont de Valence, sur le Guadalaviar	37	35
PLANCHE III.		
Pont de Dresde, sur l'Elbe	38	31
Pont de Kosen, sur la Saal, près de Naumbourg	39	34
Pont de Prague, sur la Moldaw	40	32
Pont de Ratisbonne, sur le Danube	41	33
Pont de Zwettau, sur la Vieille-Elbe	42	33
Pont de Wurtzbourg, sur le Mein	43	33
Pont de Nossen, sur la Mulde, en Saxe	44	34
Pont de la Boucherie, à Nuremberg, sur la Pregnitz	45	34
Pont de l'A B C, à Nuremberg, sur la Pregnitz	46	34
Pont de Barbarouck, à Ispahan, sur le Zenderouth	47	37
Idem	48	37
Pont d'Aliverdichan, à Ispahan, sur le Zenderouth	49	38
Idem	50	38
Pont de Marambum	51	40
Pont de Loyang, à Fo-Kien, sur un bras de mer	52	39
Idem	53	39

DÉSIGNATION DES PONTS.	NUMÉROS DES FIGURES.	NUMÉROS DES PAGES.
Pont de Focheu, sur le Min	54	39
Idem	55	39
PLANCHE IV.		
Pont de Vieille-Brioude, sur l'Allier	56	58
Pont de Gignac, sur l'Hérault	57	105
Pont de Claix, sur le Drac	58	62
Pont de Lavaur, sur l'Agoût	59	96
Pont de Vizile, sur la Romanche	60	99
Pont de Romans, sur l'Isere	61	57
Pont de Ville Neuve-d'Agen, sur le Lot	61 *bis*	58
Pont des Têtes, sur la Durance	62	75
Pont de Martorel, en Catalogne, sur la Noya	63	35
Pont de Ceret, près de Perpignan, sur le Tech	64	57
Pont et Aqueduc de Civita-Castellana	65	19
Pont et Aqueduc de Spolette	66	18
Pont de Salamanque, sur la Tormes	67	36
Pont près de Terni, sur la Nera	68	20
Pont de Trajan, sur le Danube	69	20
Aqueduc de Lisbonne, sur le Tage	70	36
PLANCHE V.		
Pont du Saint-Esprit, sur le Rhône	71	54
Pont de la Guillotiere, à Lyon, sur le Rhône	72	54
Pont de Blois, sur la Loire	73	74
Pont de Tours, sur la Loire	74	82
Pont de Moulins, sur l'Allier	75	84
Pont de la Drôme	76	94
Pont d'Orléans, sur la Loire	77	78
Pont de Sorges, sur l'Anthion	78	89
Pont de Roanne, sur la Loire	79	108
Pont de Navilly, sur le Doubs	80	97

DÉSIGNATION DES PONTS.	NUMÉROS DES FIGURES.	NUMÉROS DES PAGES.
Pont de Juvisy	81	71
Idem	82	71
Pont de Saumur, sur la Loire	83	80
Pont de Nemours, sur le Loing	84	106
Pont de Semur, sur l'Armençon	85	96
Pont de Bellecour, à Lyon, sur le Rhône	86	109
Pont de Châlons-sur-Saône	87	97
Pont des Chavannes, à Châlons-sur-Saône	88	101
Pont de Toulouse, sur la Garonne	89	63
Pont d'Avignon, sur le Rhône	90	52
Pont d'Albias, sur l'Aveyron	91	89
Pont de Frouards, sur la Moselle	92	103
Pont de Compiegne, sur l'Oise	93	75
Pont de Maligny, sur le Serin	94	103
PLANCHE VI.		
Pont de la Concorde, à Paris, sur la Seine	95	104
Pont des Tuileries, à Paris, sur la Seine	96	69
Pont du Marché Palu, à Paris	97	71
Pont-Neuf, à Paris	98	65
Idem	99	65
Pont Saint-Charles, à Paris	100	66
Pont placé à la réunion des canaux du Midi et de Narbonne	101	106
Idem	102	106
Pont au Change, à Paris	103	68
Pont au Double, à Paris	104	66
Pont Notre-Dame, à Paris	105	63
Pont Marie, à Paris	106	67
Pont de la Tournelle, à Paris	107	68
Pont Saint-Michel, à Paris	108	66
Pont de Mantes, sur la Seine	109	87
Pont de Nogent, sur la Seine	110	88

DÉSIGNATION DES PONTS.	NUMÉROS DES FIGURES.	NUMÉROS DES PAGES.
Pont de Neuilly, sur la Seine	111	92
Pont de Pont-Sainte-Maxence, sur l'Oise	112	98
PLANCHE VII.		
Pont de Charmes, sur la Moselle	113	76
Pont de Mirepoix, sur le Lers	114	104
Pont du Pape, sur l'Erieux	115	77
Pont de Maestricht	116	69
Pont de Horbourg, sur l'Ill	117	94
Pont de Montlion, sur la Durance	118	109
Pont d'Ingersheim, sur le Fecht	119	93
Pont de Ponthieu, sur l'Huisne	120	91
Pont de Montignac, sur la Vezere	121	90
Pont de Rieucros, sur la Douctoire	122	104
Pont de Pesmes, sur l'Ougnon	123	91
Pont de Lempde, sur l'Alagnon	124	100
Pont de Bord, sur l'OEil	125	87
Pont de Brives, sur la Loire	126	90
Pont près de Soutchéou	127	40
Pont de Dôle, sur le Doubs	128	86
Pont de Toul, sur la Moselle	129	76
PLANCHE VIII.		
Pont de Port de Piles, sur la Creuse	130	77
Pont sur les ravins de la côte de Maires	131	107
Pont d'Alexandrie, sur le Tanaro	132	60
Coupe du pont d'Alexandrie	132	60
Pont de Carbonne, sur la Garonne	133	90
Pont de Château-Thierry, sur la Marne	134	100
Pont Fouchards, à Saumur	135	95
Pont de Rosoi, sur l'Hyeres	136	102
Pont de Brunoi, sur l'Hyeres	137	102

DÉSIGNATION DES PONTS.	NUMÉROS DES FIGURES.	NUMÉROS DES PAGES.
Pont de Sisteron, sur la Durance	138	61
Pont de Saint-Diez, sur la Meurthe	139	109
Pont de Cravant, sur l'Yonne	140	77
Pont de Montélimart, sur le Roubion	141	110
Pont de Mazeres, sur le Lers	142	101
Pont près de Tournon, sur le Doux	143	61
Pont de Rumilly, sur le Cheran	144	99
Pont de Homps, sur l'Aude	145	100
Pont d'Hérault	146	109
Pont de Saintes, sur la Charente	147	68
Idem	148	68
Pont de Castellanne, près de Sisteron	149	57
Pont de Neuville, sur l'Ain	150	95
Pont sur la route du Simplon	151	107
Pont de Châtellerault, sur la Vienne	152	64
Idem	153	64
PLANCHE IX.		
Aqueduc du Gard	1	50
Aqueduc de Cazerte, près de Naples	2	27
Aqueduc de Metz	3	51
Aqueduc de Marly	4	74
Aqueduc de Ségovie	5	37
Aqueduc de la Crau d'Arles	6	62
Aqueduc de Buc	7	72
Aqueduc de Carpentras	8	86
Aqueduc de Maintenon	9	73
Aqueduc d'Arcueil	10	67
Aqueduc de Claude, près de Rome	11	21
Aqueduc de Montpellier	12	86

ÉTAT GÉNÉRAL DES PONTS

CONSTRUITS EN FRANCE,

DONT LE DÉBOUCHÉ A PLUS DE VINGT METRES DE LONGUEUR.

Cet état général a été rédigé sur les états particuliers fournis d'après la demande du Directeur général des Ponts et Chaussées, par les ingénieurs en chef de chaque département. Les ponts y sont classés dans l'ordre des différents bassins des rivieres ou des fleuves sur lesquels ils sont situés.

On a détaillé successivement les bassins des grands fleuves qui se rendent aux confins de l'Empire, et ceux des petits fleuves intermédiaires, en commençant par l'Adour, continuant par la Garonne, la Loire, la Meuse, le Rhin, le Pô, le Rhône, et finissant par les côtes de la Provence et du Languedoc. On a d'abord, pour chaque bassin, énoncé successivement les ponts qui sont placés sur le fleuve qui lui donne son nom, en commençant par les plus près de la source; puis ceux qui sont situés sur les divers affluents, en commençant aussi par les affluents les plus près de la source, et suivant pour chaque affluent la même marche que pour le fleuve dans lequel il se jette. D'après cet arrangement, il ne peut y avoir aucune confusion; et les ponts se trouvent distribués de façon à ce qu'on puisse juger des variations de leur débouché, et observer la maniere dont il augmente à mesure que l'on s'éloigne davantage de la source de la riviere.

L'état est divisé en huit colonnes; la premiere contient l'indication du fleuve ou de la riviere sur lequel le pont est situé, et du lieu où ce fleuve ou cette riviere va se jeter.

La deuxieme contient le nom de la ville ou du village situé le plus près de l'endroit où le pont est construit.

La troisieme est destinée à indiquer le genre de construction du pont, et l'on a été obligé, pour ne pas alonger prodigieusement le tableau, de faire usage de quelques abréviations dont voici l'explication:

Bo. Signifie que le pont est construit en bois de chêne.

Sap. Qu'il est construit en sapin.

Bo. pil., ou *sap. pil.* Qu'il est élevé sur des piles en pierre.

Bo. pal., ou *sap. pal.* Qu'il est élevé sur des palées.

Pi. Signifie qu'il est construit en pierres de taille.

Moel. Qu'il est construit en moellons.

Cint. Signifie que les arches sont en plein cintre.

Surb. Qu'elles sont en anse de panier.

Og. Qu'elles sont en ogive.

Arc. Qu'elles sont en arc de cercle.

Lorsque plusieurs de ces abréviations se trouvent sur la même ligne et se rapportent au même pont, il faut en conclure que les arches ne sont point semblables, et qu'elles offrent les différentes formes indiquées par les abréviations.

Quand il se trouve dans un même pont une partie en bois et une partie en pierre, on les a énoncées séparément, en les plaçant sur deux lignes.

La quatrieme colonne indique le nombre d'arches ou de travées dont l'espece est exprimée dans la troisieme, et les dimensions de la plus grande et de la plus petite.

La cinquieme indique la largeur du pont, exprimée en metres.

La sixieme, la longueur du débouché, ou la somme des ouvertures des arches, également en metres.

La septieme, la surface du débouché dans les grandes eaux, exprimée en metres carrés.

La huitieme est destinée à apprendre si la construction du pont est ancienne ou moderne, ce qui est indiqué par les mots *anc.* ou *mod.*; la date de la construction, quand elle est connue, et le nom du constructeur.

D'après cela, il faudra traduire de cette maniere les deux premieres lignes de la table :

Pont situé à Bagneres, sur l'Adour, qui se jette à la mer; composé d'une arche en pierres de taille et en plein cintre, de 7,1 metres d'ouverture, et de deux travées en chêne de 10,1 à 10,2 metres d'ouverture, élevées sur des piles en pierre, faisant en tout 27,4 metres de longueur de débouché; dont la largeur, entre les têtes, est de 5,2 metres; et dont la surface du débouché est de 86 metres carrés; qui a été construit par M. Moisset.

Lorsque les ponts sont situés dans la même ville, il peut se présenter deux cas différents : 1° Ils peuvent être placés sur la riviere les uns au-dessous des autres; alors on les énonce successivement, en les distinguant par leurs noms. 2° Ils peuvent être placés les uns vis-à-vis des autres sur divers bras de la riviere; alors on les énonce successivement, et l'on ajoute ensuite les ouvertures de leurs arches et leurs débouchés, afin de faire connaître le débouché total de la riviere dans le lieu où ils se trouvent situés.

ETAT général des Ponts construits en France, dont le débouché a plus de vingt mètres de longueur.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur et date de la construction.
BASSIN DE L'ADOUR.							
Adour, à la mer.	Bagnères.	Pi. cint.	1 de 7,1.	5,2	27,4	86	*Moisset.*
	. . . . .	Bo. pil.	2 de 10,1 à 10,2.	. . .	. . .	. . .	
	Tarbes.	Pi. cint. surb. . . .	7 de 6,3 à 17,6. .	9,1	89,8	145	*Pollard.* 1732.
	Vic-Bigore.	Bo. pal.	17 de 7,8.	2,5	132,2	. . .	Anc.
	St.-Sever	Bo. pal.	38 de 3,7 à 6,3 . .	4,6	182,5	773	Anc.
	Dax	Bo. pal.	16 de 7,7	8,0	123,0	1047	*Bérard.*
	Bayonne	Bo. pal.	18 de 6,8 à 15,0. .	7,7	245,3	831	Mod.
Chez, à l'Adour.	Juillian	Pi. surb.	3 de 6,0.	6,9	18,0	54	*Moisset.* 1782.
	Maubourguet	Bo. pil.	5 de 7,6.	5,8	37,8	149	*Laroche.* 1782.
	Vic-Bigore	Pi. surb.	1 de 6,0	3,3	63,4	130	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	18 de 3,2.	. . .	. . .	. . .	
Arros, à l'Adour.	Tournay.	Bo. pil.	4 de 8,5.	5,5	34,0	87	Anc.
	Ville-Comtat	Pi. surb.	3 de 15,9 à 17,5.	8,4	49,4	319	*Pollard.* 1744.
Midou, à l'Adour.	Mont-de-Marsan . .	Pi. og.	3 de 4,2 à 13,2. .	4,0	30,6	117	Anc.
	Tartas.	Bo. pal.	5 de 6,1 à 9,4 . .	5,7	37,0	200	*Picault.* 1767.
	Villeneuve.	Bo. pal.	4 de 5,7	4,5	22,8	158	*Picault.* 1770.
L'Estampon, au Midou.	Roquefort.	Pi og.	1 de 11.	4,5	41,0	72	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	2 de 15.	. . .	. . .	. . .	
Luy-de-France, à l'Adour.	Momuy	Bo. pal.	5 de 5,0 à 5,2 . .	5,2	35,5	104	*Magot.* 1770.
Luy-de-Béarn, à l'Adour.	Sault.	Pi. og.	2 de 6 à 8.	4,0	33,6	133	Anc.
		Bo. pil.	3 de 5 à 8,6 . . .	. . .	. . .	. . .	
Gave de Pau, à l'Adour.	Viscot.	Pi. surb.	1 de 23,4.	5,8	23,4	105	*Moisset.* 1800.
	Villelongue	Pi. surb.	1 de 20.	5,0	20,0	89	*Pollard.* 1738.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur et date de la construction.
Gave de Pau, à l'Adour.	Lourdes.	Pi. surb	1 de 28,1.	8,1	28,1	135	*Loguet.* 1750.
	Berens.	Pi. cint	1 de 7,5	3,0	21,8	163	Anc.
	. . . . .	Sap. pil	1 de 14,3.	. . .	. . .	. . .	
	Lestelle	Pi. arc	1 de 22,4.	5,3	22,4	116	Anc.
	Courraze.	Pi. surb.	1 de 29,2.	6,0	29,2	148	*Pollard.* 1745.
	Nay	Bo. pal.	12 de 5,6 à 9,3. . .	5,0	84,3	296	Anc.
	Ortez	Pi. cint	4 de 2,7 à 14,8. .	7,7	39,0	340	Anc.
	. . . . .	Bo. Pal.	1 de 5.	. . .	. . .	. . .	
	Jurançon	Pi. surb.	7 de 10,2 à 16,5 .	7,8	89,1	387	*Pollard.* 1745.
Gave d'Aspe, à l'Adour.	Escot	Sap.	1 de 20,5.	4,2	20,5	127	*Peccarère.*
	Oleron	Pi. cint	2 de 7,8 à 16,9. .	3,6	24,7	150	Anc.
Gave d'Oleron, à l'Adour.	Navarreux.	Pi. cint. arc.	3 de 11,6 à 29,3.	4,2	54,1	190	Anc.
	Sauveterre.	Pi. surb	3 de 18,5.	7,5	55,5	281	*Boisot.*
Vert, à l'Adour.	Féas	Bo. pil.	10 de 4,5 à 5,5. . .	3,9	49,0	27	*Duchesne.*
Bridouze, à l'Adour.	St.-Palais	Pi. cint.	5 de 3,9 à 10,5. .	3,5	41,1	139	Anc.
Nive, à l'Adour.	Bayonne	Bo. pal.	7 de 7,4 à 10,2. .	8,0	64,0	240	*Bérard.* 1779.
Nivelle, à la mer.	St.-Jean-de-Luz . .	Bo. pal.	11 de 6,0.	6,5	65,5	3981	*Desolins.* 1791.
Bidassoa, à la mer.	Irun.	Bo. pal.	9 de 13.	8,5	117,0	2450	*Boisot.*
Marée, à la mer.	St.-Jean-de-Luz . .	Bo. pil.	16 de 4,3.	9,0	68,8	3981	*Boisot.*

BASSIN DE LA GARONNE.

Garonne, à la mer.	Foz.	Bo. pal.	3 de 8,4.	7,0	25,2	96	Anc.
	St.-Béat.	Bo. pal.	3 de 7,4	5,2	22,8	86	Anc.
	La Broquère	Pi. surb	1 de 24,6.	7,1	24,6	90	*Le Bourgeois.* 1780.
	Montrejean	Bo. pal.	7 de 11.	5,4	77,0	339	Anc.
	Valentine	Bo. pal.	7 de 10.	5,8	70,1	322	*Suget.*
	Valentine	Bo. pal.	9 de 7,9.	5,8	71,1	328	Mod.
	Miramont	Bo. pal.	9 de 10,1.	5,8	91,0	418	*Desfirmins.*

	St.-Martoux.	Pi. cint.	3 de 17,3.	8,9	51,9	415	
	Carbonne	Pi. surb.	3 de 31,2.	7,8	93,5	673	*Saget.* 1770.
	Toulouse.	Pi. surb.	7 de 14,6 à 34,4.	20,1	166,4	1383	*Souffron.* 1632.
SALAT, à la Garonne.	Seix	Pi. surb.	3 de 8 à 9,2. . . .	3,5	25,2	88	Anc.
	Soueich	Pi. surb.	1 de 23,5.	4,9	23,5	94	Anc.
	St.-Girons.	Pi. surb.	4 de 9 à 11,7. . .	5,2	41,7	187	Anc.
	St.-Liziers.	Pi. surb.	5 de 4,4 à 16. . .	4,4	40,0	200	Anc.
RISE, à la Garonne.	Mas d'Azil	Pi. cint	2 de 10,6.	4,6	21,2	74	Anc.
	Sabarat	Pi. arc	2 de 6,5 à 21,2. .	3,1	27,7	122	Anc.
	Daumazan.	Pi. arc	1 de 13,9.	3,9	40,6	98	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	5 de 3,9 à 6,8 . .	. . .	. . .	. . .	
	Montesquieu	Moel. arc.	2 de 15,2 à 16,9.	3,9	32,1	162	Anc.
	Rieux	Moel. arc.	3 de 3,6 à 15,5. .	6,4	27,8	186	Anc.
	Rieux	Moel. arc.	1 de 26,3.	5,7	26,3	125	Anc.
PIQUE, à la Garonne.	Antignac.	Bo. pal	3 de 6,8.	5,3	20,3	36	*Le Bourgeois.*
NESTE, à la Garonne.	Arreau.	Moel. cint.	1 de 9.	3,5	27,0	57	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	2 de 8 à 10. . . .	. . .	. . .	. . .	
ARRIEGE, à la Garonne.	Tarascon.	Bo. pal	6 de 7 à 9,6. . . .	4,0	49,0	255	Anc.
	Foix.	Pi. surb.	2 de 24,6 à 15,5 .	5,3	40,1	259	Anc.
	St.-Jean-de-Verges.	Bo. pal	6 de 7,8 à 10,6. .	3,1	55,3	263	Mod.
	Pamiers	Bo. pal	10 de 5 à 16,6. . .	3,6	110,2	291	Anc.
	Saverdun	Bo. pil	4 de 10,2 à 13,1 .	4,6	44,6	294	Anc.
	Cintegabelle.	Moel. cint. arc . . .	6 de 15,4 à 27,8 .	3,8	112,9	246	Anc.
ASTON, à l'Arriège.	Cabanne.	Bo. pal	4 de 9,4 à 9,6. . .	4,0	38,2	107	Anc.
DOUCTOIRE, à l'Arriège.	Rieucros.	Pi. surb.	3 de 16,9.	8,1	50,7	122	*Garipuy.* 1790.
LERS, à l'Arriège.	Belestat	Pi. cint. arc.	2 de 5,1 à 10,6. .	4,0	15,7	75	Anc.
	Mirepoix.	Pi. arc	7 de 19,5.	8,0	136,4	273	*Garipuy.* 1790.
	Mazères	Pi. cint.	3 de 13,6 à 21,4 .	4,9	49,8	239	*Pertinchamp.*
	Calmont.	Pi. cint. surb.	2 de 15,8 à 18,2 .	4,1	34,0	291	*Saget.* 1775.
LEZE, à l'Arriège.	Palliès.	Pi. cint.	3 de 6,1 à 6,5. . .	6,0	18,8	42	*Saget.*
	St.-Ibars.	Moel. cint.	2 de 7,2 à 11,7. .	4,5	18,9	64	Mod.
	St.-Ibars.	Moel. surb	2 de 8,2 à 11,7. .	4,9	19,9	44	Anc.
	La Barthe	Pi. surb.	3 de 10,9 à 11,7 .	7,8	33,4	102	*Saget.* 1768.
LOUGE, à la Garonne.	La Vernose	Moel. cint.	4 de 6,3 à 8. . . .	4,5	28,7	86	Mod.
	Muret.	Moel. cint. surb . . .	3 de 6,5 à 11,5. .	4,7	28,0	104	Anc.

DES PONTS.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur et date de la construction.
Touch, à la Garonne.	Tournefeuille	Moel. cint.	2 de 5,3 à 11,2. .	5,8	16,5	48	Anc.
	St.-Michel.	Pi. cint.	1 de 19,5.	7,8	19,5	56	*Saget.*
Sor, à la Garonne.	Revel	Pi. cint.	5 de 6,2 à 8. . . .	8,8	34,6	55	*Garipuy.* 1758.
Lhers, à la Garonne	Castelnau	Moel. cint. surb. . . .	4 de 3,8 à 10,5. .	7,6	26,0	92	*Saget.*
Save, à la Garonne.	Lombès	Moel. surb	3 de 12,3.	5,8	37,0	189	*Picault.* 1764.
	Samatan.	Moel. cint..	2 de 7,9.	5,2	15,9	89	*Bassat.* 1712.
	L'Ile Jourdain. . . .	Pi. cint. surb.	3 de 5,8 à 21,4. .	9,7	70,2	375	*Desfirmins.* 1778.
	Lévignac.	Moel. cint. surb. . . .	3 de 9,7 à 9,8. . .	6,3	29,2	129	Anc.
	St.-Paul.	Bo. pal.	7 de 2,6.	4,3	18,2	98	1785.
	Grenade.	Moel. og.	3 de 2,2 à 17,5. .	5,2	24,4	212	Anc.
	Grenade.	Moel. og.	2 de 10,4 à 13,6 .	4,3	24,0	132	Anc.
Gimone, à la Garonne.	Gimont	Pi. surb.	3 de 16,6 à 17,5 .	9,7	50,6	337	*Picault.* 1766.
	Lapazet	Pi. cint. arc..	5 de 8,6 à 11,6. .	6,8	46,6	186	Anc.
Arrax, à la Gimone.	Aubiet.	Pi. cint. arc..	4 de 9,6 à 9,7. . .	7,1	38,4	185	*Pollard.* 1736.
Tarn, à la Garonne.	Montvert.	Pi. cint. arc..	2 de 5,6 à 19,4. .	4,6	25,0	128	Anc.
	Florac	Pi. cint. arc..	4 de 4 à 19,8. . .	6,6	44,2	201	Anc.
	Hispanac.	Pi. cint. og..	6 de 6,4 à 19. . .	4,5	66,9	472	Anc.
	Quézac.	Pi. cint. arc.	6 de 7,5 à 21,7. .	4,8	87,4	572	Anc.
	Ste-Enimie.	Pi. cint. arc. og. . . .	5 de 3,7 à 19,2. .	5,2	72,2	564	Anc.
	Millau	Pi cint..	5 de 5,1 à 15. . .	4,4	61,7	366	Anc.
	Millau	Moel. cint.	7 de 5,6 à 15,8. .	4,1	86,3	542	Anc.
	St.-Rome de Tarn. .	Pi. cint.	6 de 11,7 à 17,5 .	3,7	90,6	992	Anc.
	Alby.	Moel. cint. og.. . . .	9 de 3,2 à 15. . .	5,0	103,0	1053	Anc.
	Marsac.	Pi. cint.	3 de 24,8 à 25,3 .	9,7	74,9	1042	*Fortin-Laroche.* 1774.
	Montauban	Moel. arc.	13 de 3,9 à 21,4. .	7,8	174,4	2610	1316.
Dourbie, au Tarn.	Durzon.	Moel. arc.	3 de 3,1 à 6,1. . .	3,3	12,8	38	Mod.
	St-Jean.	Pi. cint.	2 de 2,6 à 17,5. .	6,5	20,1	180	*Cevet.* 1788.
	Nant.	Moel. arc.	2 de 23,8 à 24,1 .	4,1	47,9	438	Anc.
	Cantobre.	Moel. cint.	5 de 6,7 à 15,3. .	3,3	47,2	163	Anc.
Cernon, au Tarn.	La Panouze.	Pi. cint.	2 de 9,5 à 9,8. . .	4,0	19,2	60	*Girard.* 1721.
	St.-Rome	Pi. cint.	5 de 7,8 à 8,5. . .	5,0	61,8	165	*Cevet.* 1793.

	. . . . .	Bo pil.	2 de 10,7.	. . .	. . .	. . .	
	St.-Georges.	Pi. cint.	4 de 4,5 à 10,4. .	4,2	26,7	88	Mod.
Muse, au Tarn.	St.-Beauzely	Pi. cint.	3 de 1,8 à 14. . .	3,8	22,8	60	Anc.
	Roquetaillade	Pi. cint.	2 de 9,7.	4,3	19,4	81	1733.
Alrance, au Tarn.	Villefranche de Panat.	Pi. arc	3 de 5 à 6,2. . . .	4,2	16,4	39	Anc.
Sorgue, au Tarn.	St.-Maurice	Pi. cint.	8 de 5,7 à 9,9. . .	5,0	61,0	131	*Bourron.* 1724.
	St.-Felix.	Pi. arc	3 de 6,9 à 19,5. .	3,5	38,4	188	Anc.
	St.-Afrique	Pi. cint.	3 de 15 à 21,3 . .	3,5	51,3	380	Anc.
Dourdoux, à la Sorgue.	Camarès.	Pi. cint.	4 de 5 à 16,7. . .	3,5	36,7	234	Anc.
	Vabre.	Pi. cint.	4 de 4,9 à 19,8. .	3,9	51,3	293	Anc.
	Vabre	Pi. cint.	5 de 9,1 à 11,7. .	5,8	50,3	193	1750.
Rance, au Tarn.	Beaumont.	Pi cint	3 de 8 à 10. . . .	3,5	25,9	92	Anc.
	Combret.	Pi. cint.	3 de 5,7 à 10,6. .	2,8	26,7	104	Anc.
	St.-Sernin.	Pi. cint. arc	3 de 1,3 à 10,6. .	3,4	29,5	172	Anc.
	St.-Sernin.	Pi. surb	2 de 16,2.	6,7	32,5	206	*Cevet.*
	Balaguier.	Pi. cint.	3 de 6,2 à 12,4. .	3,3	26,4	117	Anc.
Agout, au Tarn.	Fraisse.	Pi. cint. surb.	3 de 8 à 12. . . .	7,3	28,0	93	Mod.
	La Salvetat.	Pi cint	4 de 7 à 23,7. . .	4,3	52,5	445	Anc.
	Brassac.	Pi. cint. surb.	4 de 3,2 à 13,5. .	3,1	33,4	150	Anc.
	Luzières.	Bo. pil	2 de 15,6 à 11,7 .	2,9	27,3	63	Mod.
	Roquecourbe. . . .	Pi. cint.	4 de 11 à 14,4 . .	5,0	50,8	144	Anc.
	Burlas.	Pi. cint.	4 de 10 à 17,3 . .	4,5	48,1	132	Anc.
	Castres.	Pi. cint.	2 de 4,8 à 18,8. .	5,0	23,6	141	Anc.
	Castres.	Pi cint..	3 de 5,4 à 11. . .	6,0	23,2	160	Anc.
	Saix.	Pi cint..	3 de 19,5.	8,0	58,4	418	*Saget.*
	Lavaur.	Pi. surb.	1 de 48,7.	9,7	48,7	315	*Saget.*
Aveyron, au Tarn.	Palmas.	Pi. arc.	5 de 5,1 à 7. . . .	3,8	31,9	129	Anc.
	Montrosier.	Moel. cint. og	5 de 3,2 à 7. . . .	3,5	24,5	45	Anc.
	Ampiac..	Pi. cint. arc.	4 de 2,3 à 7,5. . .	3,9	18,0	43	Anc.
	La Guioulle.	Pi. og.	5 de 4 à 9,3. . . .	4,0	41,3	109	Anc.
	Le Monastère	Pi. cint..	5 de 5,6 à 6,9. . .	3,3	29,6	111	Anc.
	Buscastel.	Pi. cint. og.	5 de 5 à 11,5. . .	2,1	40,6	93	Anc.
	Prévinquières	Moel. surb	3 de 5,4 à 12,5. .	3,0	28,9	60	Anc.
	La Mouline	Pi. og.	3 de 11 à 13,6 . .	5,0	56,6	166	Anc.
	Villefranche.	Pi. surb.	3 de 9,8 à 16,5. .	5,4	40,8	124	Anc.
	Najac	Pi. cint..	3 de 14,5 à 18 . .	3,3	48,0	221	Anc.
	Najac	Moel. arc.	4 de 5 à 17. . . .	3,0	42,0	222	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la consruction
Aveyron, au Tarn.	St.-Antonin.	Pi. cint	5 de 5,3 à 17,8. .	4,0	56,8	276	Anc.
	Albias	Pi. surb.	3 de 23,4 à 25,3 .	11,9	72,1	454	*Boesnier.* 1770.
Viaur, à l'Aveyron.	Salars	Pi. cint	6 de 2,5 à 7,8. . .	7,8	32,1	87	Anc.
	Grandfuel	Pi. surb.	3 de 7,8 à 14,3. .	3,9	34,4	117	Anc.
	Thurie.	Pi. cint	4 de 7,2 à 12,7. .	5,2	39,7	214	Anc.
	Tanus	Pi. og.	3 de 9,4 à 14,3. .	4,0	33,1	185	Anc.
Vioulon, au Viaur.	Boulais.	Pi. cint	15 de 4 à 6. . . .	6,0	65,5	128	Anc.
Serre, à l'Aveyron.	Coussergue.	Pi. arc.	5 de 2,7 à 4,9. . .	3,3	20,1	41	Anc.
Lot, à la Garonne.	Mende.	Pi. cint. arc.	3 de 4,5 à 20,2. .	3,0	35,3	141	Anc.
	Mende.	Pi. surb.	1 de 27,8. . . .	5,5	27,8	108	Anc.
	Le Bruel.	Pi. cint. surb	3 de 7,1 à 23,5. .	4,9	38,4	129	Anc.
	Salmon.	Pi. cint	1 de 23,4. . . .	4,5	23,4	138	Anc.
	Banassac.	Pi. cint	2 de 9,4 à 20,5. .	4,0	29,9	143	Anc.
	St.-Laurent	Pi. cint. surb	3 de 13 à 16,1. . .	4,8	44,9	302	1707.
	St.-Geniez.	Pi. og.	5 de 9,1 à 11,6. .	4,6	52,8	289	1313.
	St.-Cosme.	Pi. surb. og.	4 de 13,9 à 17,1 .	4,6	59,5	361	Anc.
	Espalion.	Pi. surb. og.	4 de 7,9 à 14,5. .	5,2	46,2	288	Anc.
	Estaing.	Moel. og.	4 de 15,8 à 17,7 .	4,2	65,8	450	Anc.
	Entraigues	Pi. og.	4 de 7,2 à 15,1. .	3,4	49,7	316	Anc.
	Cahors (*Pont-Neuf*).	Moel. og.	6 de 7,5 à 34,1. .	6,0	103,5	1047	Anc.
	(*Pont Notre-Dame*).	Moel. og. cint	4 de 10,7 à 17 . .	5,1	103,4	1162	Anc.
	. . . . .	Bo. Pil	2 de 22,5 à 29 . .	. . .	. . .	. . .	
	(*Pont de Valendre*).	Moel. og.	7 de 5,8 à 16,2. .	5,8	109,8	1226	Anc.
	Villeneuve.	Pi. cint. surb.	4 de 2,3 à 34,6. .	5,6	56,4	955	Anc.
Truyère, au Lot.	Lhers	Pi. cint	2 de 24,3 à 23,9 .	6,9	48,2	193	*Baussal.* 1719.
	Lanau	Pi. cint	3 de 19,5.	5,9	58,5	524	*Baussal.* 1722.
	Entraigues.	Pi. og.	4 de 12,6 à 16,8 .	4,3	59,3	461	Anc.
Lender, à la Truyère.	Roffiac.	Bo. pil.	2 de 10 à 12,1. . .	4,0	22,1	47	Anc.
	St.-Flour	Moel. cint.	4 de 7,9 à 11,3. .	3,5	39,4	126	Anc.
Celle, au Lot.	Banhac.	Pi. surb.	3 de 9,7 à 11. . .	8,6	30,5	141	*Roland.* 1792.
	Figeac.	Moel. cint	4 de 5,4 à 8,9. . .	6,8	32,1	99	Anc.

Gers, à la Garonne.	Auch.	Pi. surb.	3 de 17,5 à 18,5 .	6,5	53,6	307	*Pollard.* 1754.
	Montastruc.	Pi. arc.	2 de 4.	4,9	27,3	113	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	4 de 4,4 à 5,4. . .	. . .	. . .	. .	
	Fleurance	Pi. og. cint.	4 de 4 à 8.	3,5	24,5	63	Anc.
	Lectoure.	Pi. cint	5 de 4,2 à 8. . . .	5,5	32,8	90	Anc.
	Astaffort.	Pi. cint	2 de 7 à 9.	5,0	16,0	72	Anc.
	Astaffort.	Pi. surb.	3 de 7,3 à 8,3. . .	7,8	23,0	82	*St.-André.* 1769.
	Layrac.	Pi. og.	3 de 10 à 13. . . .	5,5	34,0	172	Anc.
Bayse, à la Garonne.	Mirande.	Pi. cint	3 de 12,2 à 13,6 .	8,8	38,0	240	*Loguet.* 1747.
	Brouil.	Bo. pal.	5 de 8,4 à 9,4. . .	5,8	46,1	318	*Defirmins.* 1790.
	St.-Jean-Poutge. . .	Pi. cint.	3 de 6 à 15,7. . .	6,7	41,2	237	1628.
	. . . . .	Bo. pil.	1 de 13,6.	. . .	. . .	. .	*Bassat.* 1723.
	Valence	Pi. cint. surb. arc. . .	4 de 6,2 à 8,6. . .	4,8	29,3	148	1700.
	Valence	Pi. cint	4 de 7,1 à 10. . .	4,0	24,2	111	1753.
	Condom.	Pi. cint. og.	4 de 5,2 à 14,6. .	5,4	34,6	206	Anc.
	Lavardac.	Bo. pal.	3 de 6,2 à 11. . .	4,0	39,3	400	Anc.
	. . . . .	Moel. arc.	1 de 11,4.	. . .	. . .	. .	
	Pont de Bordes. . .	Pi. cint	2 de 14,6.	5,8	29,2	165	Mod.
	Villeneuve.	Pi. cint	3 de 6,5 à 12,7. .	3,6	26,3	155	Anc.
Gélise, à la Bayse.	Barbaste.	Pi. cint.	10 de 5,8.	3,1	58,4	281	Anc.
Drot, à la Garonne.	La Sauvetat	Pi. cint. og. surb. . .	13 de 2 à 6.	5,0	50,0	169	Anc.
	Gironde	Pi. surb.	1 de 21,7.	7,8	21,7	78	1750.
Dordogne, à la Garonne.	Bort.	Pi. cint. surb.	3 de 11 à 16,2 . .	4,5	38,3	102	*Bouchet.* 1752.
Diège, à la Dordogne.	Ussel.	Moel. cint	4 de 3,6 à 10,7. .	4,3	29,5	31	Anc.
	Bort.	Bo. pil.	4 de 6,2 à 6,5. . .	3,4	25,5	82	Anc.
Sarsonne, à la Dordogne.	Ussel.	Moel. arc.	2 de 3,7 à 4,7. . .	3,9	17,8	48	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	2 de 4,2 à 5,2. . .	. . .	. .	. .	
Rue, à la Dordogne.	Bort.	Pi. cint	1 de 29,2.	5,8	29,2	150	1731.
Semène, à la Dordogne.	Vendes.	Pi. surb.	3 de 12,7 à 14,6 .	6,8	40,0	125	*Lescures.* 1740.
Cère, à la Dordogne.	Arpajon	Pi. arc.	2 de 14,5.	5,1	29,0	61	*Baussat.* 1718.
	Le Bex.	Pi. surb.	3 de 9,2 à 10,7. .	3,9	29,1	119	Anc.
Jordanne, au Cère.	Aurillac	Pi. arc.	2 de 13.9 à 15,5 .	3,7	29,4	35	1555.
Autre, au Cère.	Le Pontet.	Pi. surb.	3 de 5,8 à 6,8 . .	9,7	18,5	40	1754.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Corrèze, à la Dordogne.	Tulles	Pi. cint.	3 de 6 à 7,7	4,4	20,4	56	Anc.
	Tulles	Pi. arc.	1 de 20	4,4	20,0	67	Anc.
	Tulles	Moel. cint.	4 de 5 7,1	4,1	24,7	67	Anc.
	Brive	Pi. surb.	3 de 10,4 à 11,7	6,0	32,5	84	Mod.
	Brive	Pi. surb.	13 réd. à 3 de 7.	4,9	21,0	31	Du 14e. siècle.
Vezère, à la Dordogne.	Bugeat	Bo. pil	4 de 3,6 à 7,7	3,5	23,2	57	1774.
	Treignac	Pi. og.	3 de 7,6	2,7	22,9	67	Anc.
	Le Louzac	Bo. pil	3 de 4,3 à 7,7	3,0	18,0	70	Anc.
	Uzerche	Pi. cint.	3 de 14,3 à 14,9	8,7	43,5	111	*Barbier.* 1750.
	Vigeois	Pi. arc.	4 de 6,8 à 8,1	3,3	29,7	131	Anc.
	Combort	Bo. pil	3 de 9 à 9,7	3,3	28,0	147	Anc.
	Le Saillant	Moel. arc	6 de 7,3 à 8,1	4,0	45,8	174	Anc.
	Terrasson	Pi. cint. surb.	6 de 8,8 à 13,6	4,5	76,4	518	Anc.
	Montignac	Pi. cint. surb.	3 de 12,3 à 20,1	8,8	45,5	505	1776. *Gaillon*
Isle, à la Dordogne.	Coulaure	Pi. cint	3 de 7 à 7,6	3,7	21,7	76	Anc.
	Savignac	Bo. pil	2 de 15,6	5,8	31,2	167	*Valframbert.* 1775.
	Périgueux	Pi. surb.	3 de 19,5 à 21,1	8,8	60,1	352	Mod. *id.*
	Périgueux	Pi. cint.	6 de 6,2 à 7,8	4,2	59,4	229	Anc.
		Bo. pil	2 de 11,4 à 12				
Loue, à l'Isle.	Exideuil	Pi. cint	6 de 4,9 à 6,8	4,5	35,1	97	Anc.
Drone, à l'Isle.	Firbeix	Pi. cint	3 de 5,8 à 6,4	8,9	18,0	48	Anc.
	Brantôme	Bo. pil	5 de 6,2 à 6,5	5,8	31,5	71	*Brémontier.* 1786.
	Brantôme	Pi. cint.	4 de 5,8 à 6,5	5,2	24,4	58	Anc.
	Riberac	Bo. pil	3 de 10,4	7,1	31,2	179	*Gaillon.* 1792.
Tude, à la Dordogne.	Montmoreau	Pi. og.	4 de 3,2 à 4,2	4,5	14,9	39	Anc.

COTES DE LA GARONNE A LA LOIRE.

Charente, à la mer.	Surie	Pi. cint. og.	3 de 4,9 à 5,5	4,6	15,3	30	Anc.
	Condac	Pi. cint. surb. og.	10 de 1,5 à 6,3	4,2	36,8	120	Anc.
					18,2	53	Anc.

	Verteuil.	Pi. cint.	1 de 4,9.	4,7	9,7	39	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	2 de 4,9.	. . .	. . .	. .	
	Aunac.	Pi. cint. og.	6 de 3,8 à 5,6 . .	3,8	29,3	55	1683.
	Mansle.	Pi. cint.	8 de 5,2 à 18. . .	5,8	60,5	136	Mod.
	Montignac.	Pi. og.	5 de 3,7 à 4,2. . .	5,0	20,2	44	Anc.
	Montignac.	Pi. cint.	4 de 4,3 à 8,4. . .	4,7	26,1	83	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	1 de 4,3.	. . .	. . .	. .	
	Vars.	Pi. cint.	4 de 4 à 4,5. . . .	5,2	16,7	24	Anc.
	Vars.	Pi. cint.	6 de 3,4 à 4,9. . .	4,6	21,8	64	Anc.
	Vars.	Pi. cint. arc.	6 de 3,6 à 8,5. . .	4,6	28,0	100	Anc. et mod.
	Angoulême	Pi. surb.	5 de 37 à 20,5 . .	7,7	96,4	372	*De Mongason.* 1755.
	Château-Neuf. . . .	Pi. cint.	9 de 5 à 9,4. . . .	6,1	59,3	160	Anc. et mod.
	Vibrac.	Pi. cint.	4 de 5 à 5,8. . . .	4,4	21,9	58	Anc.
	Coignac.	Pi. cint. og. surb. . .	8 de 2,4 à 8,9 . .	5,4	53,0	225	Anc.
	Saintes.	Pi. cint. arc	6 de 7.5 à 11,6. .	5,0	50,1	170	Anc.
	Saintes.	Moel. surb. cint. arc .	10 de 3,7 à 11,6. .	7,5	79,3	288	*F. Blondel.*
TARDOIRE, à la Charente.	Menet.	Pi. cint.	4 de 5,5 à 13,7. .	3,5	31,9	111	Anc.
	Montbron.	Pi. cint.	6 de 4,4 à 7,1. . .	4,1	36,4	79	Anc.
	Larochefoucault. . .	Pi. cint.	4 de 4,3 à 6,2. . .	11,4	22,6	45	Anc.
	Agris..	Pi. cint.	5 de 5,3 à 6. . . .	5,9	29,1	58	Anc.
BANDIAT, à la Tardoire.	Lafeuillade.	Pi. cint.	7 de 3,2 à 5,4. . .	3,9	28,6	33	Anc.
	Morthon.	Pi. og.	4 de 4,2 à 5,9. . .	3,3	21,3	47	Anc.
TOUVRES, à la Charente.	Ruelle.	Moel. cint	13 de 3,9 à 4,5. . .	4,3	55,2	34	Anc.
	Pont-Ouvre.	Pi. surb.	3 de 9,7 à 10,7. .	9,7	30,2	39	*Meurier.*
	Pont-du-Gond. . . .	Pi. cint.	9 de 3,1 à 3,3. . .	4,5	29,4	50	Anc.
ENTENNE, à la Charente.	St.-Sulpice	Pi. surb.	8 de 2,9 à 3,2. . .	7,1	24,7	53	1735.
	Javresac	Pi. arc.	5 de 5,5 à 7,4. . .	5,3	33,3	59	Anc.
BOUTONNE, à la Charente.	Brioux.	Pi. cint. surb.	8 de 2,1 à 5. . . .	6,0	21,2	53	Anc.
	St.-Julien-de-Lescap.	Pi. og.	3 de 6,6 à 7,2. . .	7,8	20,8	58	Anc.
	St.-Jean-d'Angely .	Pi. cint. surb.	3 de 4,2 à 6,7 . .	8,7	16,2	85	Anc.
SÈVRE NIORTAISE, à la mer.	La Crèche.	Pi. surb.	1 de 20.	11,0	20,0	70	1748.
	Niort.	Pi. arc.	4 de 5.	8,0	25,5	92	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	1 de 5,5.	. . .	. . .	. .	
	Niort.	Pi. arc	3 de 5 à 10. . . .	9,5	20,0	80	Anc. et mod.
	Marans.	Pi. surb.	2 de 9,7.	9,7	19,5	52	*Verdon.* 1782.
LAY, à la mer.	Chantonnay.	Pi. cint	1 de 23,4.	9,7	23.4	81	*Parent.* 1767.
	La Claye.	Pi. cint. surb.	3 de 5,8 à 6,7 . .	6,0	18,4	61	*Parent.*

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Lay, à la mer.	Puy Maufray.	Bo. pil	9 de 5,4 à 7 . . .	4,3	57,3	163	Mod.
	Les Mouthiers. . . .	Pi. moel. cint.	13 de 3,8 à 5. . . .	4,6	55,3	190	Anc.
	Mareuil	Bo. pal.	3 de 9 à 10. . . .	6,0	28,0	151	Mod.
		BASSIN DE LA LOIRE.					
Loire, à la mer.	Brive.	Pi. surb. cint.	7 de 3 à 18. . . .	8,7	88,6	482	*Grangent.* 1772.
	Roanne	Bo. pal.	11 de 10 à 12,8 . .	7,5	140,6	870	Anc.
	Roanne	Pi. surb.	7 de 23,4.	11,7	163,8	943	*De Varaigne.*
	Decize.	Pi. surb.	11 de 10,9 à 23,7 .	7,8	187,2	962	Mod.
	S.-Antoine, 1er. *pont.*	Pi. cint	1 de 6.	6,1	29,2	99	1606.
	. . . . .	Bo. pil	3 de 7,5 à 8. . . .	. . .	. . .	. . .	
	2e. *pont.*	Pi. cint	4 de 5,8.	5,9	23,4	60	1606.
	Nevers.	Pi. surb.	15 de 19,5. . . .	13,6	292,3	2077	*De Regemorte.*
	Total pour Nevers. .	. . . . .	. . . . .	. . .	344,9	2236	
	Nevers.	Bo. pal.	10 de 18,2. . . .	7,8	182,0	1454	*Chambrette.* 1791.
	La Charité.	Pi. cint. surb	10 de 11,7 à 18,5 .	8,3	145,9	997	Anc. et mod.
	La Charité.	Bo. pal	11	. . .	. . .	. . .	*Perrone.*
	Gien.	Pi. cint. arc. surb. . .	12 de 13,3 à 20,6 .	7,7	200,1	1416	Anc.
	Orléans	Pi. surb.	9 de 29,9 à 32,5 .	14,9	279,2	1706	*Hupeau.* 1760.
	Beaugency.	Moel. cint. og.	21 de 9,6 à 15,3. .	10,2	276,2	1620	*Roger.* Anc.
	. . . . .	Bo. pil	8 de 6,4 à 8. . . .	. . .	. . .	. . .	
	Blois.	Pi. surb.	11 de 16,7 à 26,3 .	14,6	127,1	1488	*Gabriel.* 1720.
	Amboise.	Pi. cint	11 de 8,4 à 12. . .	6,5	340,0	1752	
	. . . . .	Bo. pil	26 de 8.	. . .	. . .	. . .	
	Tours	Pi. surb.	15 de 24,4.	14,6	365,4	2190	*Bayeux.* 1762.
	Saumur.						
	Pont neuf	Pi. surb.	12 de 19,5. . . .	11,7	233,8	1201	*De Voglie.* 1769.
	Moulin pendu	Moel. cint.	1 de 7,8.	6,7	7,8	37	Anc.
	Sept voies	Pi. cint	5 de 11,7.	6,6	93,6	505	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	2 de 11,7.	. . .	. . .	. . .	Anc.
	Boire-Torse	Pi. cint	5 de 9,5.	6,0	47,7	102	Anc.
	Croix-Verte	Pi. cint	6 de 10.	6,0	68,0	370	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	1 de 8.	. . .	. . .	. . .	
	Total pour Saumur. .	. . . . .	. . . . .	. . .	450,9	2215	
	Cé.						

	Louet	Moel. cint.	53 de 3,9 à 10,7	5,5	315,6	1262	Anc.
		Bo. pal	6 de 3,9 à 10,7	...	...	...	Anc.
	St.-Maurille	Pi. cint	2 de 3,5	5,0	179,1	1368	Anc.
		Bo. pil	21 de 7 à 13,6	...	...	...	Anc.
	St.-Aubin	Pi. cint	17 de 6,5 à 9,8	7,2	190,0	950	Anc.
		Po. pil	3 de 10 à 14	...	...	...	Anc.
	Bourguignon	Pi. cint	6 de 1,2 à 5,5	6,3	20.3	55	
	Total pour Cé			...	705,0	3635	
	Nantes.						
	Pirmil	Pi. cint	9 de 6,2 à 9,4	9,6	172,3	1079	Anc.
		Bo. pil	7 de 11,7 à 22,4	...	...	...	
	Récolets	Pi. cint	9 de 3,9 à 7,8	7,5	43,0	223	Anc.
	Levée des Récolets	Pi. cint	8 de 4	...	31,9	84	Anc.
	Toussaint	Pi. cint	3 de 4,9 à 5,5	...	...	...	
		Bo. pil	1 de 6,2	6,6	21,8	128	Anc.
	Arche de Biesse	Pi. cint	1 de 5,5	...	5,5	14	
	Madeleine	Pi. cint. surb	12 de 7,7 à 9,6	9,4	114,3	786	1580.
		Bo. pil	1 de 6,8	...	...	...	
	Orient	Bo. pil	7 de 4,7 à 6,6	10,0	39,5	260	Mod.
	Maudit	Bo. pal	5 de 10,1 à 12,7	3,0	55,9	403	Mod.
	Aiguillon	Pi. surb.	1 de 23,2	11,8	23,2	163	*Magin.* 1760.
	La Bourse	Pi. surb.	3 de 11,1 à 11,9	7,7	34,6	198	1725.
	Total pour Nantes			...	542,0	3338	
COLANCE, à la Loire.	Monastier	Pi. cint	1 de 21,6	4,0	21,6	315	Anc.
DOLAISON, à la Loire.	St.-Jean		3 de 8,3 à 9,8	9,7	26,5	93	*O'Farell.* 1782.
	St.-Barthelemy		3 de 7,3 à 7,8	9,7	22,4	59	Mod.
BORNE, à la Loire.	Estrouillas	Pi. cint. arc. og.	15 de 6 à 13	5,2	152,5	385	Anc.
	Borne	Pi. cint	5 de 3,3 à 11	3,0	50,1	153	Anc.
LIGNON, à la Loire.	Mars	Pi. surb.	1 de 19,5	6,8	19,5	124	Anc.
	Ceveyrac	Pi. cint	3 de 10,8 à 22	3,2	44,0	525	Anc.
	St.-Maurice	Pi. cint	2 de 13,6 à 26	3,2	39,6	413	Anc.
SUMAINE, à la Loire.	Blavosy	Pi. cint	4 de 7,1 à 13,6	3,2	40,9	170	Anc.
SORNIN, à la Loire.	Châteauneuf	Pi. cint	4 de 6,2 à 8,4	4,4	28,6	64	Anc.
	Charlieu	Pi. arc	5 de 7,2 à 12,4	4,6	47,4	152	Anc.
RHEIMS, à la Loire.	Regny	Pi. surb.	3 de 7 à 10,6	3,4	25,9	74	Anc.
ARCONCE, à la Loire.	Charolles	Pi. cint. surb.	3 de 2,6 à 9,4	5,5	21,1	34	Anc.

NOMS DES RIVIÈRES où les Ponts sont situés.	NOM de la Ville ou Village.	GENRE de construction.	NOMBRE et dimension des Arches ou Travées.	LARGEUR du Pont.	TOTAL des ouvertures.	SURFACE du débouché.	NOM DU CONSTRUCTEUR, et date de la construction.
ARCONCE, à la Loire.	Lugny.	Pi. surb.	3 de 6,5.	6,5	19,4	52	1785.
	St.-Yan.	Pi. surb.	3 de 9,7.	7,8	29,2	75	1785.
ARROUX, à la Loire.	Surmoulin. 1er. *pont.*	Pi. surb.	4 de 11,7 à 15,6.	6,8	50,7	173	Anc.
	2e. *pont.*	Pi. cint.	5 de 3,9.	13,0	19,5	29	Anc.
	Tot. pour Surmoulin.	. . . . .	. . . . .	. . .	70,2	202	
	Autun.	Pi. surb. arc	6 de 3,2 à 9,1. . .	9,9	48,7	171	Mod.
	Autun. 1er. *pont.* . .	Pi. surb.	8 de 4,9 à 8,8 . .	6,8	59,7	209	Mod.
	2e. *pont*	Pi. surb.	4 de 7,8.	6,8	31,2	119	Mod.
	Total pour Autun. .	. . . . .	. . . . .	. . .	90,9	328	
	Toulon	Pi. cint.	13 de 5,4 à 8,1 . .	5,5	91,6	323	Anc.
	Gueugnon.	Pi. surb. Moel. arc. .	6 de 7,8 à 12,7. .	7,8	61,0	206	*Guillemot.* 1783.
TERNAN, à l'Arroux.	Souvert	Pi. surb.	3 de 6,5.	7,0	19,4	58	Mod.
DRÉE, à l'Arroux.	La Drée.	Pi. cint. arc.	4 de 3,9 à 7,8 . .	8,1	23,4	55	Mod.
MÉCHET, à l'Arroux.	Montellon.	Pi. cint.	5 de 4,9 à 7,3 . .	6,2	28,8	60	Anc.
CORCELLE, à l'Arroux.	Chevannes.	Pi. cint.	5 de 3,9 à 5,8. . .	6,2	22,5	45	Anc.
MÉVRIN, à l'Arroux.	Mesvres.	Pi. cint	8 de 3,6 à 5,8. . .	4,3	36,9	109	Anc.
BOURBINCE, à la Loire.	Genelard.	Pi. cint.	5 de 5,9.	3,8	45,1	95	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	3 de 5,2.	. . .	. . .	. . .	
	Bord.	Pi. cint	2 de 8,1.	4,5	66,7	197	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	12 de 4,2.	. . .	. . .	. . .	
	Paray	Moel. arc.	1 de 5,8.	5,6	34,4	94	Mod.
	. . . . .	Bo. pil	6 de 4,8.	. . .	. . .	. . .	
ARRON, à la Loire.	Decize.	Pi. arc.	7 de 8 à 9,3.	7,8	61,1	962	Anc.
NIÈVRE, à la Loire.	Prémery.	Pi. surb.	4 de 5.	4,0	20,0	48	Anc.
	Nevers.	Pi. cint. arc.	8 de 3,2 à 3,9 . .	4,6	28,5	45	1670.
ACOLIN, à la Loire.	Chastenay.	Pi. surb.	2 de 13,6.	9,7	27,3	110	*Mauricet.* 1790.
	Chevagne	Pi. arc	3 de 10,2 à 10,7.	9,1	31,1	68	*Picaud.* 1750.
							Picaud. 1736.

			3 de 15,6 à 17,5.	9,8	48,7	8	*Tresaguet.*
Allier, à la Loire.	Vieille-Brioude. . .	Pi. arc	1 de 54,2.	5,1	54,2	953	1454.
	Pont-du-Château . .	Pi. surb	7 de 20,1 à 21,4 .	9,7	144,8	586	*Dijon.* 1761.
	Moulins	Pi. surb.	13 de 19,5.	13,6	253,2	1218	*De Regemorte.* 1770.
Allagnon, à l'Allier.	Lempde.	Pi. surb.	1 de 30,8.	9,7	30,8	234	*Mauricet.*
Viche, à l'Allier.	St.-Germain.	Pi. arc.	7 de 3,9 à 14. . .	7,1	66,2	98	Anc.
Dore, à l'Allier.	Ambert	Pi. surb.	3 de 13,6 à 15,6 .	9,7	42,8	115	*Dijon.* 1758.
Durolle, à la Dore.	Mouthier-de-Thiers.	Pi. cint	3 de 5,5 à 7,5. . .	3,5	20,2	34	Anc.
Sioule, à l'Allier.	Pont-Gibaud	Pi. surb.	2 de 11,7.	7,8	23,4	56	*Pitot.* 1790.
	Menat.	Pi. cint.	4 de 8,1 à 12,2. .	3,0	38,3	176	Anc.
	St.-Pourçain.	Pi. surb. cint.	7 de 7,8 à 14,9. .	8,8	79,3	306	*Picaud.* 1736.
Sioulet, à la Sioule.	Pont-au-mur. . . .	Pi. cint	3 de 7,4 à 10. . .	6,0	25,4	46	Mod.
Morge, à l'Allier.	Chez.	Pi. surb.	3 de 11,7 à 12,6 .	9,7	36,0	89	*Dijon.* 1761.
Loiret, à la Loire.	Olivet	Moel. og	19 de 3,6 à 10,5. .	7,6	160,7	240	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	1 de 4,2.	. . .	. . .	. . .	
	St.-Memin	Moel. cint. surb. og. .	8 de 6,1 à 11,7. ,	7,0	79,8	450	Anc.
Cosson, à la Loire.	La Ferté-Hubert . .	Moel. cint.	2 de 6,6.	5,2	22,0	56	Anc.
	. . . . .	Bo. Pil	2 de 4,4.	. . .	. . .	. . .	
	Croteaux.	Moel. cint. surb. . . .	4 de 3,9 à 5,8. . .	4,9	37,0	69	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	3 de 2,9 à 3,9. . .	. . .	. . .	. . .	
	Nanteuil.	Moel. cint.	6 de 3,9 à 4,9 . .	5,2	26,3	67	Anc.
	Pont-Chartrain. . . .	Moel. surb	6 de 2,3 à 5,2 . .	5,2	26,6	66	Anc.
	St.-Gervais	Moel. surb	3 de 7,8.	14,4	23,4	65	*Simon.*
Beuvron, à la Loire.	La Motte	Bo. pal.	6 de 5,8.	8,8	35,0	34	*Simon.* 1771.
	Bracieux.	Moel. cint.	13 de 1,9 à 3,9 . .	5,3	48,7	78	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	2 de 3,6.	. . .	. . .	. . .	
	Clenord	Pi. surb.	5 de 9,7.	7,8	48,7	86	*Simon.*
	Cellette	Moel. cint.	6 de 2,9 à 5,2. . .	4,8	39,2	82	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	2 de 6.	. . .	. . .	. . .	
	Les Montils	Moel. cint. arc. og . .	7 de 1,9 à 9,7 . .	5,5	45,8	97	Anc.
	Candé.	Moel. arc.	4.	5,8	. . .	31	
Cisse, à la Loire.	Nazelles.	Pi. surb.	3 de 7,8 à 9,4. . .	7,8	25,0	. . .	
	Vouvray.	Pi. surb.	3 de 17,5 à 19,5.	11,0	54,5	. . .	*De Regemorte.* 1740.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Cher, à la Loire.	Mont-Luçon.	Pi. arc.	6 de 9,8 à 11,3.	6,6	62,6	135	Anc.
	Château-Neuf.	Pi. cint.	5 de 9 à 9,7.	6,8	47,2	149	*Huault.* 1717,
	Château-Neuf.	Pi. cint.	4 de 7,3 à 7,8	6,8	30,1	74	*Huault.* 1717.
	Château-Neuf.	Pi. cint.	5 de 5,0 à 6,6	6,9	29,4	73	*Huault.* 1717.
	Tot. p. Chât.-Neuf.				106,7	296	
	St.-Florent	Bo. pal.	11 de 5,5 à 9,1.	6,5	77,1	211	*Despitiers.* 1719.
	St.-Florent	Moel. cint.	4 de 5,8.	6,5	29,4	125	1734.
		Bo. pal.	1 de 6.				
	St.-Florent	Moel. cint. surb	3 de 5,8 à 9,7	6,5	62,2	190	
		Bo. pal.	8 de 4,4 à 5,2.				Anc.
	Tot. p. St.-Florent.				168,7	526	
	Vierzon	Pi. surb. cint.	17 de 6,1 à 16,9	8,8	176,3	462	*Gendrier.* 1746.
	Selles	Moel. cint.	10 de 5,8 à 12,2	9,8	98,0	299	Anc.
	St.-Aignan	Moel. cint. og.	14 de 6,8 à 8,8	6,4	89,9	380	Anc.
		Bo. pil	2 de 6,8 à 8,8.				
	Montrichart	Pi. cint. surb. og. arc.	19 de 3,6 à 9,7	7,8	107,5	376	Anc.
	Chenonceaux	Pi. cint. og.	9 de 1,9 à 9,7	8,1	80,0		Anc.
	Bléré	Moel. cint. og.	16 de 2 à 11.	5,0	100,0		Anc.
	Sanitas.	Pi. surb.	7 de 17,5 à 19,5.	9,7	126,0		*Bayeux.* 1750.
	St.-Sauveur.		17 de 3 à 12.	4,6	164,0		Anc.
	Pont-Cher.	Pi. og.	5 de 4,5 à 7,2	4,1	36,0		Anc.
Tardes, au Cher.	Chambon	Pi. og. arc	4 de 5,9.	4,9	23,6	47	Anc.
Œil, au Cher.	Lecoq	Pi. surb.	1 de 21,1.	8,2	21,1	72	*Leclerc.* 1764.
Arnon, au Cher.	Lignières.	Bo. pil	6 de 4,3 à 5,1.	7,8	53,4	83	Anc.
		Moel. arc.	6 de 3,3 à 4,8.				
	Charost	Pi. cint.	5 de 3,2 à 5,1.	6,6	22,1	51	Anc.
	Charost.	Pi. cint.	2 de 6,5.	6,4	13,0	26	Anc.
	Total pour Charost.				45,1	77	
	St.-Hilaire.	Pi. surb.	5 de 11,7.	9,1	58,5	152	*Pitron.* 1723.
	Reuilly.	Bo. pal.	11 de 4,8.	6,0	53,1	244	Anc.
Théols, à l'Arnon.	Issoudun.	Pi. cint. surb. og.	4 de 3,8 à 8,6	5,3	24,1	47	Anc.
	Issoudun.	Pi. cint. surb. og.	5 de 3,2 à 5,5	7,4	56,6	100	Anc.
	Total pour Issoudun.				80,7	147	
Cr[illegible] Sauldre, au Cher	Argent.	Pi. surb.	3 de 7,8.	7,8	23,4	50	*De Limay.*

	La Ferté-Imbault . .	Bo. pal	17 de 4,8 à 5,5 . .	1,9	83,8	145	Mod.
	Romorantin	Bo. pil	7 de 7,2 à 8,9 . .	7,1	69,3	220	*Simon.*
	Saudre	Moel. cint	9 de 4 à 5,1	4,0	43,8	140	Anc.
FOUZON, au Cher.	Paumery	Moel. surb. cint . . .	5 de 2.9 à 8,4 . .	5,8	32,8	102	Anc.
RÈRE, au Cher.	La Loge	Bo. pal	4 de 5,8	6,5	23,4	30	*Simon.*
INDRE, à la Loire.	Déols	Moel. surb	5 de 11,7	9,7	58,5	387	*Gendrier.* 1752.
	Châteauroux	Bo. pal	8 de 3,4 à 5,8 . .	5,8	38,5	185	*Bourin.*
	Buzançais	Pi. cint	4 de 3,9 à 5.8 . .	5,0	44,4	211	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	11 de 4,1 à 6,2 . .	. . .	. . .	. . .	
	Châtillon	Moel. surb. cint . . .	14 de 2,9 à 7,8 . .	5,8	82,7	285	Anc.
	Cormery	Moel. cint	3 de 2 à 13	4,5	52,0	. . .	Anc.
	. . . . .	Bo. pal	5 de 2 à 13	. . .	. . .	. . .	
	Montbazon	Pi. surb	3 de 15,6 à 16,9 .	9,7	48,0	. . .	Mod.
	Azay	Pi. cint	6 de 3,1 à 5,2 . .	4,8	40,0	. . .	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	1	. . .	. . .	. . .	
VIENNE, à la Loire.	Eimoutier	Moel. cint. surb . . .	3 de 7,4 à 7,8 . .	3,9	22,6	54	Anc.
	Eimoutier	Pi. arc	3 de 7,8 à 9	3,9	24,6	72	Anc.
	Tot. pour Eimoutier.	. . . . .	. . . . .	. . .	47,2	126	
	St.-Léonard	Pi. arc	3 de 11,3	9,7	33,9	110	*Dergny.* 1786.
	Limoges	Pi. og. arc	15 de 7,4 à 13,8 . .	5,0	72,4	647	Anc.
	Aix	Moel. og	9 de 9 à 10,7 . . .	4,4	85,5	270	Anc.
	St.-Junien	Moel. og. arc	7 de 3,7 à 12,3 . .	5,0	73,3	355	Anc.
	Chabanais	Pi. og	8 de 9 à 10,4 . . .	4,2	79,6	279	Anc.
	Confolens	Pi. arc. cint	10 de 6,3 à 11,9 . .	4,6	89,4	258	Anc.
	L'Isle Jourdain . . .	Pi. cint. surb. og . . .	11 de 4,6 à 14,7 . .	5,0	98,2	529	Anc.
	Châtellerault	Pi. surb. cint	9 de 9,7	21,7	87,7	628	Anc.
	Chinon	Pi. cint. og	13	6,1	142,1	. . .	Anc.
MANDE, à la Vienne.	Peyrat	Bo. pil	5 de 4,6 à 5,8 . .	3,2	26,7	43	Mod.
TAURION, à la Vienne.	Pontarion	Pi. arc	1 de 19,6	8,0	19,6	101	*Cadié.* 1782.
	Le Palais	Bo. pil	4 de 6,2 à 7,7 . . .	3,9	27,0	80	*Trésaguet.* 1773.
	Bourganeuf	Pi. og. cint	6 de 2,1 à 6,7 . . .	4,1	32,5	108	Anc.
	Châtelux	Pi. og. arc	3 de 7,9	4,0	23,8	97	Anc.
	St.-Priest	Pi. og	5 de 8 à 8,4 . . .	4,0	40,8	129	Anc.
BRIAUCE, à la Vienne.	Vigen	Moel. og. cint	3 de 3,8 à 7	3,9	31,5	125	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	2 de 6 à 9,6	. . .	. . .	. . .	
	Solignac	Moel. og. cint	3 de 4 à 11,5 . . .	4,1	36,0	160	Anc.
	Pont-Rompu	Moel. og. cint	4 de 7,8 à 10,5 . .	3,9	35,8	112	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Glane, à la Vienne.	St.-Junien.	Pi. og.	3 de 4,3 à 9 . . .	4,5	22,3	55	Anc.
Clain, à la Vienne.	Château-Garnier . .	Pi. cint.	5 de 3,7 à 5,4 . .	5,2	22,5	54	Anc.
	Sommières.	Moel. cint.	9 de 2,1 à 3,9 . .	4,5	26,8	50	Anc.
	Poitiers	Pi. surb.	3 de 19,5.	12,9	58,5	443	*Barbier.* 1778.
	Poitiers	Moel. cint. og. surb..	9 de 2,4 à 9,6. . .	4,9	45,3	189	Anc.
Vonne, au Clain.	Sauxay.	Moel. cint.	7 de 2,8 à 5,2 . .	4,2	31,7	76	Anc.
	Marignie	Moel. cint.	5 de 2,9 à 4,5 . .	4,2	20,7	45	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	2 de 1,9.	. . .	. . .	. .	
	Vivonne	Pi. surb.	5 de 7,1 à 8,4. . .	9,7	38,3	117	*Lebrun.* 1766.
Creuse, à la Vienne.	Felletin	Pi. og. surb. cint. . .	10 de 4,3 à 6. . . .	5,0	53,4	144	Anc.
	Aubusson	Pi. cint.	4 de 7,3.	5,0	29,2	90	Anc.
	Aubusson	Pi. arc.	2 de 11,4.	4,8	22,8	85	Anc.
	Total pour Aubusson.	. . . . .	. . . . .	. . .	52,0	175	
	Le Mouthier d'Ahun.	Pi. cint.	10 de 5,6 à 6,2 . .	4,1	60,2	120	Anc.
	St.-Laurent.	Pi. cint. og.	4 de 4 à 6,9. . . .	4,0	24,3	107	Anc.
	Pont-à-la-Dôge. . .	Pi. og. arc.	5 de 6,5 à 6,7. . .	4,3	33,1	112	Anc.
	Glény.	Pi. og.	6 de 5 à 6,4 . . .	4,8	34,7	110	Anc.
	Anzelme.	Pi. og.	2 de 7,5 à 13,1. .	5,5	20,6	110	Anc.
	La Celle Dunoise . .	Pi. og.	4 de 9,1 à 10,2. .	4,0	38,6	130	Anc.
	Fresselines.	Bo. pil	5 de 6,4 à 7,9. . .	2,3	34,7	149	Anc.
	Argenton	Pi. surb.	4 de 7,9 à 12,8. .	5,2	41,2	313	Anc.
	La Haye.	Pi. cint. og	10 de 7,3 à 11,8. .	5,4	86,0	. . .	Anc.
	Port-de-Piles	Pi. surb.	3 de 30,2 à 31,6 .	9,7	92,4	. . .	*Bayeux.* 1747.
Petite Creuse, à la Creuse.	Cheniers.	Pi. og.	3 de 8,2 à 8,8. . .	5,2	25,8	112	Anc.
	Chambon-Ste.-Croix.	Pi. og.	4 de 4,9 à 6,5. . .	3,1	22,4	107	Anc.
	Vervic.	Bo. pil	5 de 7.	5,1	35,0	129	Anc.
Bouzanne, à la Creuse.	Tendu.	Pi. surb.	5 de 8,9.	8,8	44,2	153	*Gendrier.* 1750.
Gartempe, à la Creuse.	Mazeiras.	Moel. cint.	4 de 3,8 à 7,8. . .	3,6	23,9	47	Anc.
	La Valette.	Pi. og.	3 de 5,8 à 7. . . .	4,1	19,5	54	Anc.
	Raucou	Pi. arc.	4 de 7,9.	4,5	31,6	92	Anc.
	Blansat	Moel. og. cint.	5 de 4,7 à 6. . . .	4,1	28,7	89	Anc.
	Beissac.	Mol. og. cint	4 de 6,2 à 11. . .	3,7	34,1	97	Anc.

	Pont-de-Rive. . . .	Pi. cint.	2 de 6,7 à 8,4. . .	3,5	15,1	. . .	Anc.
Thouet, à la Loire.	Thouars.	Pi. og. arc	6 de 4,6 à 10,7. .	6,5	46,2	161	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	1 de 4,1.	. . .	. . .	. . .	
	Fouchards.	Pi. arc	3 de 26.	10,0	78,1	578	*De Limay.*
Thouaret, au Thouët.	Luzaix.	Pi. og.	7 de 2,3 à 4,2. . .	6,2	23,3	49	Anc.
Dive, au Thouët.	Valence.	Moel. surb. cint . . .	4 de 3,9 à 4,9. . .	9,7	18,2	42	*Lebrun.* 1769.
Anthion, à la Loire.	Sorges.	Pi. surb.	7 de 5,9.	7,9	41,3	289	*De Regemorte.*
Sarthe, à la Loire.	Mesle	Pi. surb.	3 de 8,8.	11,7	26,3	61	*Boesnier.* 1787.
	Alençon.	Pi. surb	3 de 9,7.	10,7	29,1	93	*Boesnier.* 1781.
	Frenay.	Pi. cint. arc.	8 de 3,4 à 6,5. . .	5,8	44,5	252	Anc.
	Jeuillé.	Pi. cint. og	7 de 4,9 à 6,8. . .	5,8	42,1	104	Anc.
	St.-Marceau.	Pi. cint	7 de 6,6.	6,8	46.5	104	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	2 de 6,6.	. . .	. . .	. . .	
	Beaumont.	Pi. cint.	5 de 4,6 à 6,6 . . .	4,5	28,9	100	Anc.
	Le Mans.	Pi. cint.	8 de 4 à 7,7. . . .	5,6	42,9	151	Anc.
	La Suze	Pi. cint.	9 de 4,7 à 8,3. . . .	5,0	57,6	283	Anc.
	Sablé	Pi. cint	7 de 5,2 à 11,7. .	5,4	58,1	122	Anc.
Huisne, à la Sarthe.	Remalard	Pi. og. cint.	11 de 1,3 à 4. . . .	6,2	34,0	52	Anc.
	Nogent-le-Rotrou. .	Pi. cint.	9 de 1,8 à 5,9. . .	5,8	39,9	91	1549.
	La Ferté-Bernard. .	Bo. pal.	6 de 2,6 à 3,3. . . .	4,0	17,7	82	Anc.
	Yvré.	Bo. pal.	5 de 6,3.	6,3	31,5	152	*Chaubry.* 1774.
	Pontlieue	Pi. surb	3 de 17,7.	12,2	53,1	308	*De Voglie.* 1772.
Loir, à la Loire.	Marboüé.	Pi. cint. og.	12 de 1,6 à 7,4 . .	5,7	57,2	132	Anc.
	Châteaudun.	Pi. cint.	3 de 5,7 à 7,1. . . .	5,8	19,0	87	Anc.
	Châteaudun	Pi. arc	4 de 2,9 à 4,5. . .	6,6	14,5	62	Mod.
	St.-Denis	Pi. og.	15 de 1,5 à 4,4. . .	5,8	34,1	85	Anc.
	St.-Denis	Pi. cint.	10 de 2,6 à 5,8. . .	5,8	42,6	128	Anc.
	Total pour Châteaudun et St.-Denis . .	. . . . .	. . . . .	. . .	110,2	362	
	Cloye	Pi. cint. og. surb. . . .	10 de 3,2 à 16,4. .	7,5	64,2	156	Anc.
	Freteval.	Bo. pal.	13.	4,7	. . .	124	Anc.
	Vendôme	Moel. og. cint. surb. .	16 de 3 à 9,8. . . .	6,2	80,5	198	Anc.
	Les Roches.	Moel. og. cint.	6 de 3,2 à 6,5. . . .	5,1	32,7	80	Anc.
	Montoire.	Bo. pal	5 de 10 à 10,3. . .	6,8	50,6	180	Anc.
	Coemont.	Pi. cint. og.	4 de 2,6 à 4.3. . .	3,9	68,5	270	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	9 de 4 à 9,1. . . .	. . .	. . .	. . .	
	Le Lude.	Bo. pal.	9 de 3,9 à 5,2. . .	4,3	40,6	171	Anc.
	Luché.	Pi. og	2 de 2,5 à 3,2. . .	5,3	47,7	224	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction
Loir, à la Loire.	. . . . .	Bo. pal.	9 de 3,7 à 6,1. . .	. . .	. . .	. . .	
	La Flèche.	Pi. cint.	5 de 3,5 à 13. . .	6,5	53,5	429	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	1 de 12,7.	. . .	. . .	. . .	
	Durtal.	Pi. surb.	5 de 12,4 à 13,1 .	10,0	63,5	406	Anc.
Grenne, au Loir.	St.-Marc	Moel. og. cint. . . .	5.	4,0	23,0	46	Anc.
Mayenne, à la Loire.	Ambrières.	Moel. surb	2 de 7,8.	7,9	25,3	90	1725.
	. . . . .	Bo. pil.	1 de 9,7.	. . .	. . .	. . .	
	Mayenne	Moel. og. cint. . . .	4 de 8,8.	6,5	35,0	277	Anc.
	Laval.	Moel. og. cint	5 de 12,3 à 15,0.	7,1	65,3	500	Anc.
	Château-Gontier . .	Moel. cint.	6 de 3,6 à 8,8. . .	6,2	43,5	231	1438.
	Angers.	Moel. cint. og. . . .	16 de 3,3 à 10,7. .	7,0	104,4	755	Anc.
Oudon, à la Loire.	Lion d'Angers. . . .	Bo. pal.	4 de 2,8 à 8,6 . .	4,9	36,9	132	Anc.
	. . . . .	Moel. cint.	6 de 1,9 à 3,3. . .	. . .	. . .	. . .	
Edre, à la Loire.	Nort.	Pi. surb.	3 de 6,5 à 7,3. . .	9,8	20,3	85	*Villemont.* 1767.
Sèvre, à la Loire.	Mortagne	Pi. og.	8 de 2,3 à 5,2. . .	4,4	43,2	110	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	3 de 2,3 à 4,2. . .	. . .	. . .	. . .	
	Clisson.	Bo. pil	3 de 3,6 à 10,6. .	4,8	38,3	115	Anc.
	. . . . .	Pi. cint.	3 de 4,4 à 9. . . .	. . .	. . .	. . .	
	Nantes.	Bo. pal.	7 de 8,6 à 10,9. .	8,0	65,1	394	1774.
	Nantes.	Pi. cint. surb. . . .	6 de 2,6 à 3,9. . .	8,0	19,1	37	Anc.
	Total pour Nantes.	. . . . .	. . . . .	. . .	84,2	431	
Maine, à la Sèvre.	Remouillé.	Moel. cint.	2 de 5,6 à 8. . . .	5,4	23,6	91	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	1 de 10.	. . .	. . .	. . .	
	Aigrefeuille.	Bo. pil	1 de 2,5.	5,3	27,8	94	Anc.
	. . . . .	Pi. og.	4 de 5,3 à 7,3. . .	. . .	. . .	. . .	
Boulogne, à la Loire.	St.-Philbert.	Bo. pal	6 de 4,3 à 5,2. . .	5,0	27,2	93	Anc.
Isac, à la Loire.	Pont de bois.	Pi. cint. surb.	6 de 2,9 à 3,2. . .	6,4	20,4	44	Anc.
Bas-Brivé, à la Loire.	Méan	Pi. surb	3 de 10 à 12 . . .	6,0	32,0	160	Mod.

	Rennes.	Pi. og. cint. surb. . .	7 de 4 à 8,2. . . .	8,3	48,1	147	Anc. *Even.*
	. . . . .	Bo. pil	3 de 3,1 à 4,5 . .	. . .	. . .	. . .	
	Chaulnes.	Moel. cint.	4 de 4,8 à 6,1. . .	7,1	23,3	108	Anc.
	Pont-Réau.	Moel. cint	9 de 3,9 à 6,5. . .	8,1	45,4	120	*Chevalier.* 1740.
	Redon.	Bo. pil.	3, de 7 à 8,4. . .	5,7	32,1	113	Anc.
	. . . . .	Pi. og.	1	. . .	. . .	. . .	
Isle, à la Vilaine.	Rennes.	Pi. surb.	3 de 7,1	10,3	21,4	58	Mod.
	Rennes.	Moel. cint.	7 de 2,5.à 4. . . .	6,8	23,4	53	Anc.
	Total pour Rennes.	. . . . .	. . . . .	. . .	44,8	111	
Aoust, à la Vilaine.	Bocneuf.	Pi. cint.	7 de 3,9 à 5,8. . .	6,2	33,1	102	*Chocad.*
	Guébardin.	Pi. surb.	5 de 3,9 à 6,5. . .	7,5	28,0	89	*St.-Julien.*
	Rhoz-St.-André. . .	Pi. cint.	11 de 5,8 à 9 . . .	8,9	81,8	428	*Chocad.*
	Malétroit.	Bo. pil.	9 de 3,2 à 6,5. . .	4,1	43,8	152	Mod.
	. . . . .	Moel. og.	1 de 3,2	. . .	. . .	. . .	
Auray, à la mer.	Auray.	Pi. surb.	4 de 5,2 à 6,7. . .	7,3	23,7	133	Anc.
Blavet, à la mer.	Napoléonville . . .	Bo. pal.	6 de 3,7 à 4,5. . .	7,9	33,9	88	Anc.
	. . . . .	Pi. cint.	3 de 1 à 4,5. . . .	. . .	. . .	. . .	
	Hennebond	Moel. arc.	6 de 2,5 à 21,9. .	4,8	48,2	239	Anc.
Aune, à la mer.	Pinity	Bo. pil.	5 de 3,8 à 5,1 . .	4,0	23,2	67	Anc.
	Landeleau.	Moel. cint.	3 de 4,5 à 5 . . .	4,5	27,5	100	Anc.
	. . . . .	Bo. pil.	3 de 3,8 à 5,1 . .	. . .	. . .	. . .	
	Château-Neuf. . . .	Moel. og	8 de 3,9 à 4,6. . .	4,3	35,4	96	Anc.
	Pleyben.	Moel	11 de 2,2 à 5. . . .	4,5	41,4	121	Anc.
	Châteaulin.	Moel. cint.	10 de 3,7 à 4,3. .	4,5	39,8	119	Anc.
Couasnon, à la mer.	Antrain.	Pi. og.	7 de 2,1 à 5,8. . .	5,3	25,3	51	Anc.
	Pontorson.	Pi. cint.	6 de 3,6 à 4,4 . .	5,6	22,9	58	Anc.
Sélune, à la mer.	Ducé.	Moel. cint. arc . . .	7 de 3,2 à 5,2 . .	6,1	30,3	79	Anc.
	Pontaubault.	Pi. cint.	15 de 5,9 à 6,8 . .	5,3	98,3	107	Anc.
Sée, à la mer.	Pont sous Avranches.	Moel. arc.	7 de 2,3 à 3,2 . .	4,9	20,4	45	Anc.
	Pont-Gilbert.	Pi. surb.	3 de 9,7.	9,7	29,2	76	*Lefebvre.* 1788.
Sienne, au Séez.	Pont de la Roque. .	Pi. cint.	11 de 4,4 à 6. . . .	5,3	58,4	126	Anc.
	Hyenneville.	Moel. cint.	7 de 2,6 à 3,7. . .	6,2	21,7	27	Anc.
Vire, à la mer.	Etouvy.	Pi. surb.	3 de 6,7 à 7,7 . .	7,9	21,1	72	Mod.
	Pont-Farcy	Moel. cint.	5 de 3,9 à 5,8 . .	6,5	26,0	54	Anc.
	Tessy.	Moel. cint	5 de 5,4 à 6. . . .	6,2	28,6	77	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Vire, à la mer.	Candol.	Moel. cint.	7 de 3,2 à 5,8. . .	6,5	31,1	99	Anc.
	Gourfaleur.	Pi. cint. surb	7 de 3,5 à 6,6. . .	6,0	38,0	81	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	1	. . .	. . .	. . .	
	St.-Lô.	Moel. cint.	6 de 4,5 à 8,1. . .	6,2	34,7	86	Anc.
	Pont-Hébert.	Moel. cint. og.	5 de 3,8 à 7,3. . .	6,0	21,3	90	Anc.
Orne, à la mer.	Ouilly.	Pi. cint. og.	7 de 2,2 à 11,2. .	5,1	56,9	208	Anc.
	Clécy	Po. pil.	3 de 12,1.	6,8	36,2	308	Anc.
	Caën.	Pi. surb. arc.	4 de 6,3 à 10,2. .	5,5	36,8	125	Anc.
Noireau, à l'Orne.	Arembourg	Pi. cint.	5 de 2,9 à 3,9. . .	4,0	21,4	50	Anc.
Dive, à la mer.	Yort.	Moel. cint. og.	9 de 2,2 à 3,3 . .	7,0	24,7	38	Anc.
	Dives.	Bo. pal.	19 de 6,8.	4,3	129,9	594	Anc.
Touques, à la mer.	Touques.	Bo. pal.	18 de 2,2 à 6,8 . .	4,7	50,4	274	Anc.

BASSIN DE LA SEINE.

Seine, à la mer.	Châtillon.	Pi. surb.	2 de 11,7	11,7	23,4	49	*Dumorey.*
	Polizy	Moel. cint.	7 de 3,5 à 5,2. . .	5,5	30,1	54	Anc.
	Villeneuve.	Moel. cint.	6 de 4 à 5,9. . . .	6,8	30,6	63	Anc.
	Bar-sur-Seine	Moel. cint.	16 de 3,2 à 5,6. . .	5,5	70,3	87	Anc.
	Foissy	Pi. surb.	3 de 12	9,6	36,0	166	*Montrocher.* 1759.
	Pont St.-Marie. . .	Bo. pal	5 de 5,3 à 6,1. . .	6,0	29,5	87	*Descolins.*
	Méry.	Bo. pal	5 de 5,6 à 6,2. . .	7,0	30,6	160	Mod.
	Nogent.	Pi. surb.	2 de 27 à 29,2 . .	8,7	56,2	473	*Perronet.*
	Bray.	Moel. cint.	19 de 4,2 à 9,2. . .	7,6	130,2	612	Anc. et mod.
	Montreau	Pi. surb.	3 de 19,5 à 22,7 .	9,7	61,7	314	1760.
	Melun.	Pi. surb. cint. og . . .	8 de 4,8 à 14,4. .	7,1	54,1	616	Anc.
	Melun.	Pi. cint. og.	8 de 6,1 à 7,8. . .	7,0	55,3	. . .	Anc.
	Corbeil.	Pi. cint. surb	7 de 8,8 à 20,8. .	9,7	83,4	626	Anc.
	Paris.						
	Jardin des Plantes. .	Fer. arc.	5 de 32,4.	13,0	161,8	1529	1806.
	Grammont.	Bo. pal.	5 de 7,1 à 9,5 . .	10,0	41,7	270	Anc.
	La Tournelle.	Pi. cint.	6 de 15,6 à 17,7. .	14,7	96,7	794	1656.

	Marie	Pi. cint.	5 de 14,2 à 17,8	23,7	77,6	621	*Marie.* 1635.
	Tot. des 2 ponts				174,3	1415	
	La Cité	Bo. pil	2 de 31	10,3	62,1	555	*Demoutier.* 1803.
	Au Double	Pi. cint	3 de 11,7 à 15,9	19,5	39,3	262	1725.
	St.-Charles	Pi. cint	2 de 13,1 à 13	19,5	26,1	216	Anc.
	Petit-Pont	Pi. surb.	3 de 6,4 à 9,7	17,0	24,8	202	Anc.
	Notre-Dame	Pi. cint	6 de 9,5 à 17,3	23,6	94,0	759	1507.
	Tot. des 2 ponts				118,8	961	
	Saint-Michel	Pi. cint	4 de 9,7 à 13,7	25,1	46,8	357	1618.
	Au Change	Pi. cint	7 de 10,7 à 15,7	32,6	96,1	733	1647.
	Tot. des 2 ponts				142,9	1090	
	Neuf	Pi. cint	12 de 9,5 à 19,2	23,1	185,6	1391	*Du Cerceau.* 1578.
	Louvre	Fer. arc.	9 de 16,8	10,0	151,3	1418	*Demoutier.* 1803.
	Tuileries	Pi. surb.	5 de 21 à 23,5	17,0	110,0	1098	*Mansard.* 1687.
	La Concorde	Pi. arc.	5 de 25,3 à 31,2	16,3	138,3	1378	*Perronet.* 1791.
	Sèvres. 1er. *pont*	Bo. pal	10 de 7,8 à 10,7	7,4	80,8	818	Anc.
	2e. *pont*	Bo. pal	11 de 8,4	7,9	92,9	968	Anc.
	Tot. des 2 ponts				173,7	1786	
	St.-Cloud	Pi. cint.	11 de 7,6 à 12,9	8,0	164,7	1313	Anc.
		Bo. pil	2 de 12,9				
	Neuilly	Pi. surb.	5 de 39	14,6	194,8	1382	*Perronet.* 1771.
	Chatou	Bo. pal.	25 de 8 à 12,9	8,4	253,1	2064	
		Pi. cint.	4 de 5,2 à 8				
	Le Pecq	Bo. pal.	19 de 7,5 à 12,2	7,7	189,8	1924	*Coulière.*
	Poissy	Pi. cint. surb.	37 de 1,9 à 16,2	9,3	287,0	1914	Anc. et mod.
	Meulan. 1er. *pont*	Pi. surb.	12 de 7,8 à 23,4	7,6	168,0	1550	Anc.
	2e. *pont*	Pi. surb.	13 de 5,8 à 10,4	6,5	73,4	468	Anc.
	Tot. des 2 ponts				241,4	2018	
	Limay	Pi. cint.	10 de 5,9 à 9,8	5,8	80,9	529	Anc.
	Mantes	Pi. surb.	3 de 35,1 à 39	10,7	109,1	1096	*Hupeau.* 1763.
	Tot. des 2 ponts				190,0	1625	
	Vernon	Bo. pil	15 de 6 à 24,5	6,1	222,1		Anc.
		Pi. cint.	8 de 6 à 8,7				
	Rouen	Pont de bateaux.					
AUBE, à la Seine.	Fontaine	Pi. arc.	8 de 5	5,4	40,0	32	Anc.
	Dollencourt	Pi. surb.	3 de 12	9,2	36,0	65	*Montrocher.*
	Lesmont	Bo. pal	6 de 5,5 à 6,5	6,0	35,1	74	*Maillot.* 1769.
	Arcy-sur-Aube	Bo. pal.	17 de 3,7 à 7,7	5,9	91,5	289	Mod.
	Grange	Bo. pal.	5 de 7,5	6,5	37,3	161	Anc.
	Sarron	Bo. pal.	5 de 7,8	6,5	38,9	168	Mod.
VOIRE, à l'Aube.	Rosnay	Bo. pal.	3 de 5,1	6,0	41,0	123	Mod. *Benoist.*
YONNE, à la Seine.	Clamecy	Pi. surb.	8 de 4,2 à 7,8	7,4	48,6	132	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Yonne, à la Seine.	Coulange	Pi. surb. cint.	4 de 6,8 à 7,4	7,0	28,5	94	1694.
	Mailly	Pi. cint.	6 de 4,8 à 9,5	7,2	46,5	186	1575.
	Cravant	Pi. surb	3 de 17,5 à 19,5	8,9	54,5	273	1760.
	Auxerre	Pi. cint.	10 de 4,5 à 8,3	9,5	64,0	328	Anc.
	Joigny	Pi. cint. surb.	8 de 3,2 à 19,1	8,8	104,5	695	Anc. et mod.
	Villeneuve-sur-Yonne	Pi. cint. surb.	17 de 3,8 à 13,8	9,5	119,0	668	Anc.
	Sens. 1er. *pont*	Pi. surb.	3 de 15,8 à 17,5	9,9	49,2	370	Mod.
	2e. *pont*	Pi. cint	7 de 5,8 à 9.	6,1	49,2	290	Anc.
	Tot. des 2 ponts.				98,4	660	
	Pont-sur-Yonne	Pi. cint. surb.	7 de 8,1 à 19,5	9,7	90,3	584	Anc.
	Montreau	Pi. cint. surb.	7 de 7 à 18,2	8,7	73,2	376	Anc.
Cure, à l'Yonne.	St.-Père	Pi. surb.	3 de 8,7 à 9,6	6,0	27,1	102	1776.
	Asquin	Moel. cint.	6 de 5,5 à 6,5	5,6	36,8	108	Anc.
	Voutenay	Moel. cint. surb.	5 de 0,3 à 10,4	6,3	44,4	196	1764.
	St.-Moré	Moel. cint. surb.	6 de 3,9 à 11,6	6,4	53,1	189	*Buron.* 1784.
	Arcy-sur-Cure	Pi. cint	3 de 10 à 13	7,5	33,0	175	1763.
	Bessy	Moel. surb	4 de 8 à 14,1	7,0	46,5	244	1790.
Cousin, à l'Yonne.	Avalon	Pi. arc	3 de 10,6	8,2	31,8	229	1789.
	Pont-Aubert	Pi. cint	3 de 6,8 à 11,5	9,3	25,4	119	Anc.
	Levault-de-Lugny	Pi. cint.	4 de 7,6	4,8	30,2	113	Anc.
	Valon	Moel. cint.	4 de 7,8	5,0	31,2	108	Anc.
	Moulin-Arion	Moel. cint.	4 de 6,2	4,7	24,8	83	1787.
	Givry	Pi. cint.	4 de 5,3 à 8,3	4,2	28,6	102	1785.
Serain, à l'Yonne.	Guillon	Moel. cint.	8 de 2,9 à 5,8	4,6	38,4	77	
	Montréal	Pi. cint.	12 de 2 à 6,6	5,4	50,5	83	Anc.
	L'Ile-sous-Montréal	Moel. cint.	7 de 3,3 à 5,8	5,5	30,0	65	Anc.
	Noyers	Moel. cint. Pi. surb.	4 de 4,9 à 11,6	10,2	29,7	91	Anc. et mod.
	Noyers	Moel. cint. arc	12 de 3 à 4,6	6,8	46,3	84	Anc.
	Ste.-Vertu	Moel. cint.	3 de 3 à 4,5	4,0	40,3	68	Anc. et mod.
		Bo. pil	5 de 5,6				
	Poilly	Moel. cint.	9 de 4,5 à 5,1	4,3	44,1	64	Anc.
	Chemilly	Bo. pil.	6 de 4 à 6,5	4,2	30,6	66	Anc.
	Chablis	Moel. cint.	4 de 4,5 à 7,3	7,4	25,2	73	Anc.
	Maligny	Moel. arc.	1 de 26	6,9	30,0	67	*Werbruge.*
		Bo. pil	1 de 4				
	Ligny	Bo. pal	7 de 2,8 à 5,7	4,2	36,2	67	Anc.

. . . . .	Moel. cint.	3 de 1,7 à 4. . . .	. . .	. . .	. . .		
Pontigny	Moel. cint.	4 de 2,6 à 8,7. . .	7,7	30,7	101	Anc.	
Seignelay	Bo. pil	3 de 8.	7,0	24,0	108	*Bonineuf.*	1783.
Armançon, à l'Yonne. Aizy.	Pi. cint	13 de 3,7 à 10,5. .	6,6	68,0	154	Anc.	
Périgny	Pi. cint	7 de 4,3 à 6,1. . .	4,6	36,1	73	Anc.	
Cry	Pi. cint	9 de 7,1 à 8,3. . .	5,2	91,7	235	Anc.	
. . . . .	Bo. pil	4 de 3 à 7,1. . . .	. . .	. . .	. . .		
Nuits et Ravière. . .	Pi. cint. surb	5 de 5 à 9.	7,8	34,1	93	Anc.	
Fulvy	Pi. cint	5 de 6,6 à 6,7. . .	7,8	33,2	54	Anc.	
Cuzy et Ancy-le-Franc	Pi. cint	13 de 2,6 à 7,4 . .	5,7	70,5	125	Anc.	
Passy	Pi. cint.	8 de 5,3 à 5,7. . .	7,0	44,0	81	Anc.	
Lezines	Pi. cint.	10 de 3,9 à 7,2. . .	7,1	65,1	152	Anc.	
St.-Vinnemer. . . .	Pi. cint	9 de 4,7 à 5. . . .	7,2	43,7	117	Anc.	
Tanlay.	Pi. cint	9 de 4 à 10. . . .	6,4	62,5	161	Anc. et mod.	
Commissey	Moel. surb. cint. . . .	12 de 4,1 à 7,6 . .	4,6	59,1	141	Anc.	
Tonnerre	Pi. cint.	24 de 2,2 à 6,7. . .	6,9	104,4	174	Anc.	
Tonnerre	Pi. cint.	9 de 3,6 à 7,4. . .	5,2	46,8	132	Anc.	
St.-Florentin	Bo. pil	3 de 18,3.	7,7	54,9	131	*Sutil.*	
Brienon.	Moel. cint.	8 de 5,3 à 7,5. . .	4,5	121,7	322		
. . . . .	Bo. pal.	2 de 6,4 à 13,5. .	. . .	. . .	. . .		
Cheny.	Bo. pil	1 de 3,9.	6,7	49,4	197	Anc.	
. . . . .	Pi. cint.	5 de 5,9 à 10,6. .	. . .	. . .	. . .		
Braine, à l'Armançon. Montbard	Pi. cint. surb	5 de 4,5 à 10,1. .	7,3	36,4	88	Anc.	
St.-Remi	Pi. cint.	6 de 5,2 à 6,5. . .	5,2	37,7	82	Anc.	
Armance, à l'Armançon. St.-Florentin	Moel. cint.	8 de 3,4 à 5,8. . .	5,1	33,4	73	Anc.	
Loing, à la Seine. Nemours.	Pi. arc.	3 de 16,2.	12,7	48,7	261	Anc.	
Ouanne, au Loing. St.-Martin.	Bo. pil.	1 de 5,8.	4,5	25,3	51	*Boistard.*	
. . . . .	Moel. cint.	5 de 2,8 à 5,2. . .	. . .	. . .	. . .		
Charny	Bo. pal	6 de 3,4 à 5,7. . .	4,0	27,7	91	Mod.	
Hyeres, à la Seine. Evry.	Pi. cint	5 de 4 à 7,6. . . .	4,0	29,1	55	Mod.	
Gregy.	Pi. cint. og.	5 de 4,3.	5,4	21,5	84	Mod.	
Gregy.	Pi. surb.	3 de 9 à 10	10,2	28,4	93	Mod.	
Chaumes.	Pi. surb. cint. . . .	7 de 3,6 à 7,5. . .	6,0	36,2	. . .	1732.	
Villeneuve-St.-Georg.	Pi. cint	6 de 4,9 à 5,9. . .	6,5	31,2	137	Anc.	
Marne, à la Seine. Foulain	Pi. surb.	3 de 12 à 13,7. . .	10,7	37,7	282	*Boulanger.*	
Luzy.	Pi. cint.	4 de 6,2 à 8,6. . .	6,2	31,0	104	1570.	
Reclancourt.	Moel. cint.	16 de 1,3 à 5,8. . .	6,5	56,1	168	Anc.	
Joinville.	Pi. cint	10 de 5 à 6,6. . . .	7,1	58,4	304	1640.	

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Marne, à la Seine.	St.-Dizier.	Pi. cint.	10 de 6,3 à 7,2. . .	7,2	65,3	228	Anc.
	Vitry. 1er. *pont*. . . .	Pi. cint. surb	5 de 3,8 à 8,3. . .	6,6	29,4	56	Anc.
	2e. *pont*	Pi. surb.	3 de 12,8 à 13,5.	8,4	39,2	104	*Colluel.* 1770.
	3e. *pont*	Bo. pal.	3 de 6,5 à 6,6. . .	5,7	19,6	29	*Lejolivet.* 1772.
	Tot. des 3 *ponts* . . .	. . . . .	. . . . .	. . .	88,2	189	
	Châlons	Pi. surb.	3 de 26	10,8	83,9	438	*Colluel.* 1790.
	. . . . .	Bo. pil	1 de 6.	. . .	. . .	. . .	
	Tours-sur-Marne . .	Bo. pal	5 de 6,4 à 9. . . .	6,0	38,8	142	Mod.
	Mareuil	Bo. pal	3 de 10 à 11,5. . .	7,0	53,1	191	1781.
	Epernay.	Pi. cint	7 de 6,9 à 8,1. . .	6,9	51,7	214	Anc.
	Dizy.	Pi. surb.	7 de 13,3 à 15,7 .	8,5	102,0	186	*Lefebvre.* 1775.
	Damerie.	Moel. arc.	2 de 7,2 à 7,4. . .	6,2	58,7	241	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	5 de 7,2 à 11 . . .	. . .	. . .	. . .	
	Château-Thierry.						
	1er. *pont*	Pi. surb.	3 de 15,6 à 17,5..	10,7	48,7	219	*Perronet.* 1786.
	2e. *pont*	Pi. surb.	3 de 9,7 à 10,4. .	10,7	29,9	103	*Chezy.* 1757.
	Tot. des 2 *ponts*. . .	. . . . .	. . . . .	. . .	78,6	322	
	La Ferté-sous-Jouarre	Bo. Pil	4 de 2,9 à 28,4. .	5,9	40,6	335	*Varaigne.* 1784.
	Trilport	Pi. surb.	3 de 25 à 25,6 . .	10,0	75,0	541	*Chezy.* 1760.
	Meaux. 1er. *pont*. . .	Moel. cint.	8 de 4,6 à 8. . . .	6,8	50,0	231	
	2e. *pont*	. . . . .	. . . . .	. . .	. . .	. . .	
	Lagny.	Bo. pal	8 de 5,4 à 13,4. .	8,0	71,4	489	*Dherbelot.* 1795.
	St.-Maur. 1er. *pont.*	Pi. cint. og. surb . . .	14 de 4,9 à 11,3. .	7,9	105,4	553	Anc.
	2e. *pont*	Moel. cint.	9 de 2,9.	13,5	26,3	56	Anc.
	Tot. des 2 *ponts*. . .	. . . . .	. . . . .	. . .	131,7	609	
	Charenton.	Pi. cint. surb. og. . .	12 de 7,5 à 16,3. .	8,9	92,8	779	Anc.
Saulx, à la Marne.	Stainville.	Pi. cint	6 de 3,9.	5,1	23,4	26	Anc.
	Bazincourt.	Pi. cint	5 de 3,9 à 4. . . .	3,0	39,5	62	Anc. et mod.
	. . . . .	Bo. pil	5 de 4.	. . .	. . .	. . .	
	Rupt.	Pi. cint	8 de 4 à 4,1. . . .	4,3	38,8	69	Anc.
	Hairouville.	Pi. cint	12 de 4.	5,2	48,0	67	*Danglère.* 1590.
	Saudrupt.	Pi. cint	5 de 4,4.	8,1	21,9	57	Anc.
	L'Ile-en-Rigaut. . .	Bo. pal	4 de 6,2 à 6,4. . .	3,9	25,2	66	Mod.
	Robert-Espagne. . .	Pi. cint	5 de 5,6.	4,6	27,8	67	Anc.
	Beurey.	Pi. cint	6 de 4,3 à 5,5. . .	4,6	29,7	71	Anc.
	Mognéville.	Bo. pal	11 de 4.	5,2	44,0	75	Mod.
	Andernay	Bo. pal	11 de 2,4 à 3,6. . .	3,6	32,5	49	Anc.
	Vitry-le-Brûlé. . . .	Bo. pal	5 de 5,7 à 8,8. . .	8,4	40,8	176	*Colluel.*

	Vitry-le-Français . .	Pi. surb. cint	4 de 4,6 à 15,4. .	10,6	31,6	136	Contact.
Ornain, à la Marne.	Gondrecourt.	Pi. surb. cint	5 de 2,6 à 5,3. . .	6,0	20,8	34	Anc.
	Abainville.	Pi. cint.	7 de 3,3 à 4 . . .	11,6	26,6	39	Anc.
	Houdelaincourt . . .	Pi. cint.	5 de 6,8 à 8,1. . .	9,4	36,7	54	Anc.
	Demange.	Bo. pil	6 de 2,9.	5,4	43,7	61	Anc.
	. . . . .	Pi. cint.	9 de 2,9.	. . .	. . .	. .	
	Treveray.	Pi. cint.	10 de 4 à 5,8. . . .	5,2	46,1	55	Anc.
	St.-Amand.	Bo. pil	4 de 5,2.	4,8	20,9	27	Anc.
	Naix.	Bo. pil	8 de 4,6.	5,2	27,5	57	Mod.
	Menaucourt.	Bo. pil	6 de 4,2.	5,5	25,5	47	Anc.
	Givrauval	Bo. pil	9 de 4,2 à 5,2. . .	5,3	41,2	45	Anc.
	Ligny	Pi. cint.	3 de 6,8.	8,6	20,5	41	Mod.
	Velaine.	Pi. arc.	3 de 10 à 11 . . .	6,0	27,5	65	*Spycket.*
	Petit-Nançois	Bo. pil	6 de 4,2.	4,6	25,5	48	Anc.
	Trouville.	Pi. cint.	6 de 4,9.	5,4	29,2	50	Anc.
	Guerpont	Bo. pil	5 de 4,4.	7,3	22,0	46	Anc.
	Tannois	Pi. cint.	5 de 6,8 à 8,8. . .	9,1	38,0	53	Mod.
	Longeville.	Pi. arc.	6 de 5,4 à 5,6 . .	6,8	33,0	53	Anc.
	Bar-sur-Ornain.						
	1er. *pont*	Pi. cint.	5 de 7,1 à 7,5. . .	5,7	36,3	67	Anc.
	2e. *pont*	Pi. cint.	5 de 6,8 à 7. . . .	5,4	34,5	66	Anc.
	3e. *pont*	Pi. cint.	4 de 6,9 à 7,8 . .	8,0	29,4	63	Mod.
	Tot. des 3 *ponts*. . .	. . . . .	. . . . .	. . .	100,2	196	
	Fains	Bo. pil	6 de 4,6 à 7,3 . .	4,9	39,1	70	Mod.
	Neuville.	Bo. pal.	7 de 6,1 à 6,2 . .	4,9	42,8	86	Mod.
	Revigny	Bo. pal.	16 de 3,3 à 5,4. . .	4,4	69,6	63	Mod.
Oise, à la Seine.	Hirson.	Pi. surb.	3 de 7,1 à 7,8. . .	9,7	22,1	66	*Advyné* 1754.
	Etré-au-Pont	Pi. surb.	3 de 6,7 à 7,1. . .	10,1	20,5	76	*Dupéron.* 1789.
	Guise	Bo. pil.	10 de 2,5 à 7,2 . .	6,7	39,2	167	Anc.
	La Fère. 1er. *pont.* .	Bo. pal.	5 de 5,6 à 6,5 . .	5,0	29,1	110	Anc.
	2e. *pont*	Bo. pal.	4 de 6,1 à 6,7 . .	5,0	25,4	58	*Egnard.*
	Tot. des 2 *ponts.* .	. . . . .	. . . . .	. . .	54,5	168	
	Chauny. 1er. *pont.* .	Bo. pal.	7 de 4,8 à 6,6 . .	6,0	48,5	140	Anc.
	. . . . .	Pi. cint.	2 de 5,6.	. . .	. . .	. .	
	2e. *pont*	Bo. pal.	4 de 6 à 6,3. . . .	5,0	24,6	59	*Bertin.*
	Tot. des 2 *ponts.* .	. . . . .	. . . . .	. . .	73,1	199	
	Ourscamp.	Pi. cint.	4 de 8,9 à 9,9 . .	8,0	37,4	121	Anc.
	Compiègne	Pi. surb.	6 de 9,7 à 21,4. .	9,8	98,5	728	Anc.
	Ste.-Maxence	Pi. arc.	3 de 24.	13,0	72,0	482	*Perronet.* 1785.
	Creil. 1er. *pont.* . .	Pi. surb. cint.	5 de 4,7 à 19,5. .	9,7	34,8	238	1727. *Chezy.* 1773.
	2e. *pont*	Pi. surb. cint.	4 de 4,9 à 9,8 . .	9.8	28,2	57	Anc.
	Tot. des 2 *ponts.* .	. . . . .	. . . . .	. . .	63,0	295	
	Beaumont.	Pi. surb. cint.	5 de 8,3 à 20,5. .	8,4	65,8	402	Mod.
	L'Ile Adam	Pi. surb. cint.	9 de 5 à 18,4. . .	8,5	74,8	413	Mod.
	Pontoise.	Pi. cint. arc.	12 de 2,3 à 11. . .	7,8	75,6	454	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Aisne, à l'Oise.	Verrières.	Bo. pal.	10 de 5,3 à 5,6. . .	4,6	54,9	309	Mod.
	Ste.-Menehould. . .	Moel. cint	13 de 2,8 à 3,8 . .	7,7	42,0	184	*De Garos.*
	. . . . .	Bo. pal	5 de 6,4	. . .	. . .	. .	
	La Neuville	Bo. pal	6 de 4 à 4,6. . . .	5,0	25,8	120	1763.
	Vienne.	Bo. pal	9 de 3,5 à 6,6. . .	5,6	47,2	183	*De Garos.*
	Servon.	Bo. pal	5 de 2,7 à 6,1. . .	5,0	25,8	85	1767.
	Vouziers. 1er. *pont.* .	Bo. pal	7 de 4,2 à 9,5. . .	6,3	37,2	169	Anc.
	2e. *pont*	Pi. cint	3 de 4,9.	9,7	14,6	34	Anc.
	3e. *pont*	Pi. surb.	2 de 8,4.	11,4	16,9	53	Mod.
	4e. *pont*	Pi. surb.	3 de 8,4.	11,4	25,3	79	Mod.
	Total des 4 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	94,0	335	
	Rhetel. 1er. *pont.* . .	Bo. pil.	3 de 6,9 à 7,8. . .	6,9	22,1	139	Mod.
	2e. *pont*	Bo. pil.	4 de 6,2 à 8,4. . .	5,4	29,1	137	*Boudin.*
	3e. *pont*	Bo. pil.	2 de 5,2 à 5,6. . .	5,2	10,8	40	*Deschamps.*
	4e. *pont*	Bo. pil	3 de 3,9 à 4,9. . .	5,1	13,6	65	
	Total des 4 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	75,6	381	
	Neufchâtel.	Bo. pal	9 de 3,6 à 8,8. . .	4,8	77,3	264	*Adviney.*
	. . . . .	Pi. cint	8 de 2 à 3.	. . .	. . .	. .	
	Soissons. 1er. *pont.* .	Pi. og.	6 de 5,2 à 9,7. . .	9,7	46,2	371	Anc.
	2e. *pont*	Pi. cint.	7 de 4,2 à 6,8. . .	6,5	39,0	85	1550.
	Total des 2 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	85,2	456	
Aire, à l'Aisne.	Chaumont.	Moel. cint	5 de 5,7.	8,9	28,7	75	Anc.
	Courcelles.	Bo. pal	9 de 2,4.	4,3	21,4	36	Anc.
	Beauzée.	Bo. pal	6 de 5,1.	1,4	30,5	49	Anc.
	Hubécourt.	Moel. arc.	4 de 3,9 à 6,5. . .	4,7	20,9	31	Mod.
	Flecery	Bo. pal	7 de 4,3.	2,7	30,2	51	Anc.
	Autrécourt.	Bo. pal	8 de 4,8.	3,9	38,7	81	Anc.
	Lavoye.	Bo. pal	5 de 5,3.	4,7	26,4	57	Anc.
	Froidos	Bo. pal	7 de 4,5 à 9,2. . .	4,5	34,5	88	*Déportes.* 1787.
	Rarécourt	Bo. pal	6 de 5,1.	4,9	30,9	77	Mod.
	Auzéville.	Bo. pal	7 de 4,2.	5,5	29,4	96	Mod.
	Vraincourt.	Bo. pal	4 de 3,8.	5,2	22,9	74	Anc.
	. . . . .	Moel. cint.	2 de 3,4 à 4,4. . .	. . .	. . .	. .	
	Courcelles.	Bo. pal	8 de 4,5 à 4,8. . .	4,3	35,8	82	Mod.
	Aubréville.	Bo. pal	6 de 4,2 à 5,1. . .	4,5	29,0	63	Anc.
	Neuvilly.	Bo. pal	7 de 5,5.	5,5	38,6	114	*De Garos.* 1786.
	Boureulles.	Bo. pal	7 de 5,5.	8,0	43,5	165	*De Garos.* 1790.
	. . . . .	Pi. surb.	1 de 4,9.	. . .	. . .	. .	

	Varennes.	Bo pil.	2 de 13,2 à 12,7 .	6,0	25,9	122	*Vincent.*
	Montblainville. . . .	Bo. pal.	6 de 4,5 à 5,7. . .	4,3	29,2	99	*Déportes.*
	Grandpré.	Bo. pal.	9 de 5,5 à 6. . . .	5,0	51,6	189	*Boudin.*

COTES DE LA SEINE A L'ESCAUT.

Somme, à la mer.	Bray.	Bo. pal.	3 de 7,6.	4,9	22,9	99	Mod.
	Amiens	Pi. arc. surb. . . .	8 de 5 à 8,5. . . .	5,9	49,9	238	Anc.
	Dreuil.	Bo. pal.	5 de 4,8 à 6,8. . .	4,8	27,4	115	Anc.
	Abbeville	Pi. arc.	5 de 6 à 7,1. . . .	6,3	85,1	441	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	7 de 6 à 6,6. . . .	. . .	. . .	. . .	
Yser, à la mer.	Dixmude.	Bo. pil	4 de 4,2 à 6,6. . .	3,8	21,8	57	Anc.
	Schorreback. . . .	Bo. pal.	10 de 3,2 à 6. . . .	4,3	37,3	100	Anc.
	Manckenswer	Bo. pal.	7 de 4,9 à 7. . . .	3,9	36,9	100	*Cherrier.*
Canal de Furnes, à la mer.	Furnes.	Bo. pal.	10 de 3,2 à 4,3. . .	4,6	34,0	51	Anc.
	Furnes.	Bo. pal.	8 de 3,3 à 3,9. . .	4,1	28,5	36	Anc.
	Nieuport.	Bo. pal.	8 de 4,5 à 5,5. . .	4,7	37,9	227	Anc.
Canal de Gand à Ostende, à la mer.	Gand.	Pi. surb.	2 de 5,6 à 6,2. . .	4,7	20,0	72	
	. . . . .	Bo. pil	1 de 8,2.	. . .	. . .	. . .	
	Mariakerke.	Bo. pal.	5 de 2 à 8,4. . . .	4,0	21,6	78	Anc.
	Bellem.	Bo. pal.	4 de 4 à 8,4. . . .	3,0	21,2	76	Anc.
	Altre.	Bo. pal.	4 de 2,8 à 8,4. . .	3,0	20,8	75	Anc.
Canal de Gand au Sas-de-Gand, à la mer.	Sas-de-Gand	Bo. pal.	4 de 3,8 à 8,4. . .	3,9	23,6	64	Anc.

BASSIN DE L'ESCAUT.

Escaut, à la mer.	Tournay.	Pi. surb. cint.	8 de 3,3 à 7,7. . .	5,3	65,3	323	*Berger.* 1786.
	. . . . .	Bo. pil	4.	. . .	. . .	. . .	
	Oudenarde.	Pi. cint.	2 de 8,6 à 11,6. .	5,0	20,2	97	Anc.
	Gand.	Bo. pil	14 de 3 à 8,8. . . .	4,6	102,9	515	Anc.
	Wetteren	Bo. pal.	7 de 4 à 9.	4,7	40,7	232	Mod.
	Termonde.	Bo. pal.	14 de 2,8 à 8,8. . .	4,2	58,8	582	Anc.
Lys, à l'Escaut.	Armentières. . . .	Pi. cint..	3 de 7,1 à 8,9. . .	11,8	23,2	133	*Gombert le père.* 1765.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
			BASSIN DE LA MEUSE.				
Meuse, à la mer.	Brainville	Pi. cint.	5 de 6,5 à 8,3.	7,0	35,6	128	Mod.
	St.-Thiébault	Pi. surb.	5 de 7,8 à 10,4.	7,1	42,8	129	Anc.
	Bazoille	Pi. surb	5 de 6,7 à 8,2.	9,9	36,8	108	*Monluisant.* 1762.
	Domremy	Bo. pil	4 de 7,1 à 7,5.	6,4	29,2	67	Anc.
	Brixey	Bo. pil	7 de 5.	5,0	35,0	77	Anc.
	Sauvigny	Bo. pil	9 de 4,8.	4,5	43,5	87	Anc.
	Pagney	Bo. pil	8 de 5,8.	6,0	46,8	94	Mod.
	Champougney	Bo. pal	10 de 4,1.	5,0	41,3	91	Anc.
	Chalaines	Pi. cint.	3 de 14,4.	8,6	43,3	74	Mod.
	Ugny	Bo. pal	11 de 3,5 à 4	4,1	40,3	69	Anc.
	St.-Germain	Bo. pal	11 de 4,3	5,3	47,3	83	Anc.
	Ourches	Bo. pal	11 de 4,5.	4,7	50,0	86	Anc.
	Pagney-sur-Meuse	Pi cint	3 de 19,5.	9,3	58,4	99	Mod.
	Troussey	Bo. pal	16 de 4,6.	5,0	59,8	108	Anc.
	Sorcy	Moel. cint.	7 de 4 à 8,7.	5,4	42,2	88	Anc.
	Ville-Issey	Bo. pil	20 de 2,6 à 5,7	4,8	61,2	110	Mod.
	Commercy	Bo. pal	5 de 7,3.	6,6	36,5	77	Mod.
	Pont-sur-Meuse	Bo. pal	14 de 5,1.	5,0	72,0	86	Anc.
	Commercy	Pi. arc	9 de 4,9 à 8,1	6,2	55,9	128	Anc.
	Mécrin	Bo. pal	11 de 3,8.	5,0	41,9	54	Anc.
	Brasseite	Bo. pal	10 de 4,5 à 6,5	4,4	59,8	88	Anc.
	Ham	Bo. pil	10 de 4,6 à 4,8.	4,1	47,1	67	Anc. et mod.
	Menonville	Bo. pal	9 de 5.	4,4	45,0	86	Anc.
	St.-Mihiel	Pi. cint	12 de 6 à 14,6.	8,8	129,5	294	Anc.
	Bannoncourt	Bo. pal	19 de 3,8 à 5,2.	4,0	79,1	97	Anc.
	Tilly	Bo. pal	8 de 5,5 à 9.	6,4	58,5	155	*Vincent.*
	Villers	Bo. pal	8 de 5,4.	5,2	43,3	124	*Meury.* 1780.
	Mont-Héron	Bo. pal	15 de 3,8 à 5,4	5,3	69,8	186	Anc.
	Dieue	Bo. pal	11 de 4,7 à 4,9.	4,9	53,4	127	*Meury.* 1772.
	Verdun	Pi. surb.	3 de 11.	10,7	52,0	195	*Saget.* 1783.
		Bo. pil	10 de 1,9.				
	Verdun	Bo. pal	11 de 3,8 à 6,6.	9,1	58,5	256	Anc.
	Consenvoye	Bo. pal.	10	5,5		141	1791.
	Villosne	Bo. pal	7	5,8		111	1791.

	Dun. 1er. *pont.*	Bo. pal.	5	5,8	...	87	Anc.
	2e. *pont*	Bo. pal.	3	4,0	...	89	Mod.
	3e. *pont*	Bo. pal.	6	5,6	31,0	84	Anc. mod.
	Total des 3 *ponts*	...	...	...	...	260	
	Stenay. 1er. *pont.*	Pi cint.	5 de 5,5 à 8,1	8,1	32,8	53	1727.
	2e. *pont*	Pi cint.	4 de 5,8 à 6,5	7,1	24,7	74	1739.
	3e. *pont*	Pi. moel. cint.	30.	12,9	104,4	112	1760.
	Total des 3 *ponts*	...	...	...	161,9	239	
	Sedan. 1er. *pont*	Pi. cint. arc	5 de 3,6 à 9,6.	8,4	38,6	179	Anc.
	2e. *pont*	Bo. pil	2 de 4,8 à 5,7.	7,6	10,5	53	
	3e. *pont*	Pi. cint	24 de 5,8.	8,0	140,4	322	
	Total des 3 *ponts*	...	...	...	189,5	554	
	Mézières. 1er. *pont.*	Pi. cint	6 de 6,1 à 10,2.	50,0	58,1	293	
	...	Bo. pil	2 de 3.	...	...	...	
	2e. *pont*	Pi. surb.	3 de 7,8 à 11,7.	6,2	31,9	183	Mod.
	...	Bo. pil	1 de 2,7.	...	...	...	
	Total des 2 *ponts*	...	...	...	90,0	476	
	Mézières. 1er. *pont*	Pi. surb.	5 de 4,5 à 12,5.	8,9	61,8	336	Mod.
	...	Bo. pil	1 de 13,1.	...	...	...	
	2e. *pont*	Pi. cint	28 de 3,7.	7,2	105,0	339	Anc.
	Total des 2 *ponts*	...	...	...	166,8	675	
	Givet	Pont de bateaux	...	...	...	...	
	Dinant.	Pi. og.	5 de 9,8 à 16,6.	11,0	74,5	506	Anc.
	...	Bo. pil	1 de 7.	...	...	...	
	Namur.	Pi. og. cint.	9 de 6,2 à 14,3.	6,5	107,2	734	Anc.
	Huy.	Pi. arc.	7 de 9,9 à 18,4.	11,3	105,3	657	Anc.
	Liége. 1er. *pont*	Pi. arc.	4 de 8,7 à 9.	5,6	35,5	141	Anc.
	2e. *pont*	Pi. arc	4 de 7,5 à 10.	5,2	33,1	134	Anc.
	3e. *pont*	Pi. arc.	4 de 6,7 à 11,2.	5,2	35,5	84	Anc.
	4e. *pont*	Pi. surb.	2 de 10 à 13	6,5	23,0	62	Anc.
	5e. *pont*	Pi. cint. surb.	6 de 13,3 à 18,9.	12,8	95,5	714	Anc.
	Total des 5 *ponts*	...	...	...	222,7	1136	
	Maëstricht.	Pi. cint.	8 de 12 à 13,5	9,3	121,7	850	*Frère Roman.* 1688.
	...	Bo. pil	1 de 19,9.	...	...	...	
Mouzon, à la Meuse.	Offrécourt.	Pi. cint	4 de 6,8.	6,4	27,2	41	Mod.
	Pompierre.	Pi. cint	6 de 6,4 à 7,8	6,9	42,8	89	1732.
	Rebeuville.	Moel. cint.	5 de 6.	5,8	30,0	120	Anc.
	Neufchâteau.	Pi. cint	2 de 19,8.	7,2	60,4	113	1739.
	...	Bo. pil	4 de 5,2.	...	...	...	1754.
Vaire, à la Meuse.	Neuveville.	Pi. cint	4 de 6.	9,9	24,0	72	1748.
	Soulosse.	Moel. arc.	2 de 12,6.	8,6	25,2	86	Anc.
Chiers, à la Meuse.	Louguion	Bo. pal	3 de 7,1.	4,9	21,4	114	*Rouyer.*

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Chiers, à la Meuse.	Montmédy.	Bo. pal.	9	4,3	. . .	679	Mod.
	Chauveney.	Pi. surb.	5 de 11,8 à 12,5 .	7,7	60,5	394	Mod.
	Carignan. 1er. *pont* .	Pi. surb.	3 de 9,2 à 9,7 . .	8,0	32,8	73	Mod.
	2e. *pont*	Pi. cint.	4 de 3,4 à 4,7 . .	4,3	17,3	33	Anc.
	3e. *pont*	Pi. surb.	4 de 6 à 9,7 . . .	7,9	34,2	85	Mod.
	Total des 3 *ponts* . .	. . . . .	. . . . .	. . .	84,3	191	
	Douzy. 1er. *pont*. . .	Pi. cint. surb	4 de 6,8 à 8,5 . .	7,1	30,0	110	Anc.
	2e. *pont*	Bo. pal	6 de 6.	8,4	36,0	114	Anc.
	3e. *pont*	Bo. pal.	6 de 5,6.	6,0	33,5	100	Anc.
	4e. *pont*	Bo. pal.	2 de 6.	7,1	12,0	33	Anc.
	5e. *pont*	Pi. arc.	8 de 3,9.	7,1	34,1	46	Anc.
	Tot. des 5 *ponts* . .	. . . . .	. . . . .	. . .	145,6	403	
Othain, au Chiers.	Spincourt	Pi. cint.	4 de 6,8 à 7,8 . .	5,2	29,2	50	Anc.
Wadelaincourt, à l'Othain.	Récicourt	Bo. pal.	5 de 4,1 à 4,4. . .	4,5	21,4	35	Mod.
Sambre, à la Meuse.	Solve.	Pi. cint.	5 de 5,7.	5,9	28,7	112	Anc.
	Lobbe.	Pi. cint. arc.	7 de 4,9 à 6,5 . .	5,9	42,0	155	1750.
	Thuin	Pi. cint.	7 de 2,7 à 6,8 . .	5,1	39,7	159	*Charlemagne.* 1760.
	Landely	Pi. cint. arc.	6 de 4,4 à 8,1 . .	4,4	34,2	147	Anc.
	Marchienne	Pi cint	7 de 5,9 à 9. . . .	5,1	45,3	193	Anc.
	Charleroy	Pi. cint.	3 de 9,5 à 10,1. .	8,2	29,6	115	Anc.
	Châtelet.	Bo. pil	1 de 9,2.	4,7	22,8	90	Anc.
	. . . . .	Pi. cint.	2 de 6,8.	. . .	. . .	. .	
	Farcienne	Pi. cint.	5 de 3 à 8,4 . . .	4,8	27,6	126	Anc.
	Namur.	Pi. arc	3 de 10,3 à 11,8 .	9,5	32,6	171	Anc.
Ourthe, à la Meuse.	Roumont	Bo. pil	3 de 7,9 à 8,8 . .	5,2	25,3	70	Anc.
	Liége. 1er. *pont* . . .	Pi. arc.	2 de 11 à 13,5 . .	10,0	35,5	156	Anc.
	2e. *pont*	Pi. arc	3 de 12 à 14 . . .	10,1	38,2	190	Anc.
	Total des 2 *ponts* . .	. . . . .	. . . . .	. . .	73,7	346	
Warge, à l'Ourthe.	Malmédy.	Pi. arc.	5 de 7 à 7,7. . . .	6,5	36,2	98	Anc.
Amblewe, à l'Ourthe.	Stavelot	Pi. cint.	5 de 5,8 à 8,9 . .	5,5	37,5	81	Mod.
Vesdre, à l'Ourthe.	Verviers. 1er. *pont*. .	Pi. cint.	4 de 8,1.	5,6	32,5	110	Mod.
	2e. *pont*	Pi. cint.	3 de 7,5 à 10 . .	5,9	26,5	106	Anc.

	Total des 2 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	59,0	216	
	Ensival.	Pi. arc.	4 de 5,6 à 6,6. . .	5,0	24,3	164	Anc.
	Chesnée	Moel cint.	10 de 4,3 à 10. . .	3,3	61,7	211	Anc.
Theux, à la Vesdre.	Theux. 1er. *pont.* . .	Pi. surb.	3 de 8,7 à 9. . . .	5,2	26,4	87	1782.
	2e. *pont*	Bo. pil	3 de 7,5 à 8,5 . .	3,9	31,9	124	Mod.
	. . . . .	Pi. cint	1 de 7,9.	. . .	. . .	. . .	
	Total des 2 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	58,3	211	
Roer, à la Meuse.	Juliers.	. . . . .	. . . . .	. . .	. . .	. . .	Mod.
	Linnich.	Bo. pal	17 de 3,5 à 4,4 . .	4,4	73,0	248	Mod.
Niers, à la Meuse.	Kesseler	Bo. pal	7	3,8	. . .	80	
	Jennep.	Bo. pal	4	6,0	. . .	84	*Kreisselle.*

BASSIN DU RHIN.

Petit-Rhin, à la mer.	Strasbourg.	Bo. pal.	10 de 4,4 à 14,1. .	6,5	94,3	613	Anc.
Grand-Rhin, à la mer.	Kell	Bo. pal.	30 de 13,7.	11,5	411,9	3424	*Kastner.*
Rhin tortu, à la mer.	Vickaeussel	Bo. pil..	3 de 7,7 à 8,8. . .	5,9	24,9	99	Anc.
	Tot. des 3 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	531,1	4136	
Suze, au Rhin.	Boujan	Pi. cint.	6 de 3,5 à 3,8. . .	5,8	21,5	34	Anc.
Birse, au Rhin.	Correndlin	Pi. cint. arc	4 de 3,2 à 13,2. .	6,5	24,1	47	1750.
Ill, au Rhin.	Altkirch.	Pi. surb.	3 de 8,8 à 9,7. . .	7,6	27,3	95	*Regemorte.*
	Altkirch.	Bo. pal.	3 de 7,3 à 8,4. . .	5,2	23,1	92	*Gouget.*
	Tagolsheim	Bo. pal.	4 de 9,5.	5,2	38,1	85	*Gouget.*
	Illfurth	Bo. pal.	4 de 7.	3,2	28,0	83	Anc.
	Illsach.	Bo. pal.	3 de 8,5 à 10. . .	3,2	27,0	78	Anc.
	Ensisheim.	Bo. pal.	5 de 7,1.	5,2	35,7	111	1776.
	Meyenheim	Pi. surb.	5 de 11,7 à 13,6 .	8,8	62,3	232	*Clinchamp.* 1760.
	Horbourg	Pi. surb.	5 de 16,9 à 20,8 .	8,8	91,8	254	*Clinchamp.* 1775.
	Illheüseren.	Bo. pal.	4 de 6,8 à 7,1. . .	4,8	35,0	116	Anc.
	Schelestat	Bo. pal pil	5 de 4,4 à.	4,5	. . .	. . .	
	Benfeld	Bo. pal.	18.	3,7	. . .	. . .	
	Graffenstaden. . . .	Bo. pal	6 de 9,2 à 10,8. .	4,7	59,6	364	Anc.
	Strasbourg.	Bo. pal	7 de 3,8 à 10,2. .	7,3	54,3	292	Anc.
Branches de l'Ill.	Andolsheim.	Bo. pal.	6 de 6,7 à 7,5. . .	6,3	42,7	35	Mod.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Branches de l'Ill.	Guémar.	Sap. pal.	4 de 5,8.	4,5	23,4	56	Mod.
	Grafft.	Pi. surb.	7 de 5,8 à 9,7. . .	8,8	54,5	141	1756.
Largue, à l'Ill.	Manspach.	Bo. pal	3 de 6,5.	4,3	19,5	45	*Jobert.*
Doller, à l'Ill.	Sentheim.	Bo. pal.	4 de 7,3 à 7,6. . .	4,0	29,8	78	Mod.
	Aspach.	Bo. pal.	6 de 7,7 à 8. . . .	5,0	47,1	83	1778.
	Felleringen.	Pi. surb.	3 de 10,7.	9,4	32,2	68	*Clinchamp.*
	Viller.	Pi. surb.	3 de 10,7.	9,0	32,1	67	*Clinchamp.*
	Cernay.	Pi. surb.	3 de 10,7 à 11,7 .	9,7	33,2	49	*Clinchamp.*
	Cernay.	Pi. surb	4 de 5,8 à 7,8. . .	8,8	33,1	49	*Clinchamp.*
	Pulwersheim. . . .	Bo. pal	8 de 6,4.	4,3	51,2	192	Mod.
Lauch, à l'Ill.	Guebwiller.	Pi. surb.	3 de 6,4 à 7,4. . .	8,6	20,3	47	*Régemorte.*
	Isenheim.	Pi. surb.	3 de 6,6 à 7,7. . .	9,0	20,9	57	*Régemorte.*
	Rouffach.	Bo. pil	8 de 4,6.	4,5	36,8	110	Anc.
	Colmar, 1er. *pont.* .	Pi. surb.	3 de 6,8 à 7,8. . .	9,0	21,3	59	*Régemorte.*
	2e. *pont*	Bo. pal	3 de 7,4 à 7,8. . .	4,3	22,7	59	*Régemorte.*
	Total des 2 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	44,0	118	
Giessen, à l'Ill.	Schelestadt.	Moel. arc.	4 de 5,6.	4,7	22,4	54	1548.
Fecht, à l'Ill.	Munster.	Bo. pal	4 de 7,1.	4,4	28,2	62	1776.
	Ingersheim.	Pi. surb. cint. . . .	5 de 1,9 à 18,3. .	8,8	59,7	159	*Clinchamp.* 1773.
	Bennwihr.	Bo. pal.	5 de 6,6 à 11. . .	4,7	52,6	168	1775.
	Ostheim.	Bo. pal.	5 de 7.	5,5	34,8	121	Mod.
Bruche, au Rhin.	Schirmeck.	Bo. pal.	3 de 8.	5,8	24,0	33	Mod.
	Molsheim.	Bo. pal.	4 de 6,7 à 12,2. .	6,0	36,8	136	Anc.
	Dorlisheim.	Bo. pal.	3 de 7,3 à 11,4. .	5,5	26,0	101	Anc.
	Strasbourg, 1er. *pont*	Bo. pil	3 de 7,3 à 8,3. . .	4,9	23,2	23	Anc.
	2e. *pont*	Bo. pal.	6 de 7,7 à 10,5. .	6,8	55,4	223	Anc.
	Total des 2 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	78,6	246	
	Mutzig.	Pi. surb.	3 de 12,8 à 15,6. .	8,6	41,2	191	1770.
Zorn, au Rhin.	Brumpt	Bo pal	3 de 7,8 à 10. . .	6,0	25,6	139	Anc.
	Dettwiller.	Bo. pil.	4 de 6,6 à 7. . . .	5,3	27,3	27	Anc.
	Veyersheim	Bo pal	3 de 6,6 à 8,3. . .	5,3	21,5	107	Anc.

	Alt-beinheim	Bo pal	10 de 4,6 à 5,5	5,8	50,5	183	*Kastner.*	
	Seltz	Bo pal	3 de 5,4 à 6,1	5,8	19,5	73	*Kastner.*	
Nahe, au Rhin.	Oberstein	Bo. pil	2 de 10,9 à 15,5	3,5	26,4	95	Anc.	
	Kirn	Pi. cint.	4 de 8 à 25,4	4,8	49,5	113	Anc.	
	Creutznach	Pi. cint	8 de 10 à 12,3	6,8	90,0	597	Anc.	
	Bingen	Pi. cint.	7 de 11,8 à 14,6	6,3	94,6	767	Anc.	
Glane, à la Nahe.	Ulmet	Bo pil.	1 de 16	4,8	33,2	153	Anc.	
	. . . . .	Pi. cint.	3 de 2,6 à 8,3	. . .	. . .	. . .		
	Ratzweiller	Pi. cint	4 de 2 à 8	6,0	26,0	131	*Wahl.*	
	Meisseinheim	Pi. cint	3 de 7 à 13	4,8	31,0	206	Anc.	
Moselle, au Rhin.	Maxenchamp	Moel. arc.	4 de 8,9	7,6	35,7	107	1725.	
	Pouxeux	Bo. pal.	8 de 8,7	5,9	70,0	231	*Le Creulx.*	1780.
	Epinal, 1er. *pont*	Bo. pal.	10 de 5,2 à 8,1	7,6	69,6	263	Mod.	
	2e. *pont*	Bo. pal.	4 de 6,4	8,2	25,8	68	*Loyer.*	
	Total des 2 ponts	. . . . .	. . . . .	. . .	95,4	331		
	Charmes	Moel. cint	12 de 10,4 à 19,5	11,0	215,7	450	1740.	
	Flavigny	Moel. cint.	8 de 7,3 à 11,7	8,7	100,9	368	Anc.	
	. . . . .	Bo pil.	3 de 7,3 à 9,1	. . .	. . .	. . .		
	St.-Vincent	Pi. cint. surb.	11 de 7,8 à 16,2	7,8	75,4	557	*Baligand.*	
	Toul	Pi. surb. cint.	15 de 1,9 à 17,5	8,2	94,6	577	*Gourdain.*	
	Frouard	Pi. surb.	7 de 19,5	8,4	136,4	741	*Le Creulx.*	1790.
	Pont-à-Mousson	Moel. arc.	10 de 5 à 18,5	8,1	89,0	811	Mod.	
	Trèves	Pi. arc. surb.	9 de 10,9 à 21,7	7,7	147,0	1403	Anc.	
	Coblentz	Pi. cint.	16 de 7 à 20.	6,3	242,8	2453	1343.	
Vologne, à la Moselle.	Jarmeuil	Moel. cint.	7 de 7 à 10,3	9,3	60,3	96	1730.	
Avière, à la Moselle.	Nomexy	Moel. arc	6 de 5 à 10,2	9,5	51,4	92	Anc.	
Madon, à la Moselle.	Begnécourt	Pi. cint.	5 de 2 à 10.	10,0	42,0	88	1737.	
	Mattaincourt	Bo. pil.	10 de 5,5 à 5,8	6,3	57,8	104	Anc.	
	Mirecourt	Moel. arc.	5 de 10,2 à 12	9,4	55,6	141	1737.	
	Maxivois	Moel. cint.	5 de 8,8 à 11.	7,1	46,1	135	Anc.	
	Xirocourt	Pi. cint.	9 de 7,2 à 9,7	9,7	75,3	250	Anc.	
	Ceintrey	Pi. surb.	4 de 6,6 à 16.	8,0	54,6	207	Mod.	
Meurthe, à la Moselle.	Plaisaing	Sap. pil.	3 de 6,8 à 7,1	6,2	20,8	29	Mod.	
	Sainte-Marguerite	Bo. pil.	6 de 8,3	6,2	49,8	113	*Le Creulx.*	1781.
	Saint-Dié	Pi. arc. cint.	5 de 3,9 à 12.	11,7	43,9	108	*Le Creulx.*	
	Baccarat	Pi. surb.	7 de 11,7 à 13	7,8	85,8	319	*Gourdain.*	
	Lunéville	Pi. cint.	5 de 4,9 à 12,3	7,5	44,8	223		
	Rozières	Pi. surb.	1 de 16,5	6,4	65,8	367	Anc.	

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Meurthe, à la Moselle.	. . . . .	Bo. pil	3 de 16,5. . . .	. . .	. . .	. . .	
	Saint-Nicolas	Pi. cint	5 de 13 à 17,5. . .	7,3	81,2	436	Mod.
	Essey.	Pi. surb. cint.	13 de 6,2 à 19,5. .	9,2	131,5	582	Mod.
	Malzéville	Bo. pil.	2 de 11,8 à 12. . .	8,7	140,2	806	Anc.
	. . . . .	Moel. cint. arc. . . .	13 de 7,5 à 25. . .	. . .	. . .	. . .	
	Bouxières	Pi. cint.	6 de 8,1 à 11. . .	7,8	57,8	224	Anc.
Vezouze, à la Meurthe.	Lunéville.	Pi. arc.	12 de 2,9 à 7,8. . .	11,2	60,1	133	Mod.
Mortagne, à la Meurthe.	Xermaménil.	Pi. arc	5 de 6,5 à 9,7. . .	9,4	42,2	157	Mod.
Sanon, à la Meurthe.	Einville	Pi. surb.	4 de 4,9 à 5,2. . .	11,7	20,5	42	*Le Creulx.*
	Domballe	Pi. cint.	4 de 6,5 à 7,1 . .	8,6	27,3	73	Mod.
Esse, à la Meurthe.	Manonville.	Pi. cint.	4 de 5,2.	7,8	20,8	43	Mod.
Math, à la Moselle.	Essey-en-Voivre. . .	Pi. cint.	8 de 3,9.	5,2	31,2	59	Mod.
	Thiancourt.	Moel. cint. arc. . . .	7 de 2,6 à 4,8. . .	5,5	40,6	62	Anc.
	. . . . .	Bo. pal	2 de 5,7.	. . .	. . .	. . .	
	Arnaville.	Moel. cint.	6 de 3,7 à 7,5. . .	6,8	24,2	61	Anc.
Seille, à la Moselle.	Marsal.	Bo. pil	14 de 3,6 à 14,1. .	6,5	73,9	196	Anc.
	Aulnois	Pi. surb.	4 de 8,3 à 8,8. . .	6,2	34,1	75	
	Burthécourt.	Pi. surb.	3 de 7,1.	8,1	21,4	64	*Gourdain.*
	Nomény.	Moel. cint.	7 de 4,7 à 8,8. . .	6,2	43,0	130	Anc.
Orne, à la Moselle.	Estain.	Pi. cint	7 de 4 à 5,4. . . .	8,1	31,1	62	Anc.
	Jean-de-Lise. . . .	Moel. surb	3 de 8 à 12,5. . .	8,0	31,1	106	Mod.
	Auboué	Moel. cint.	4 de 7 à 13. . . .	6,9	40,0	220	*Baligand.*
	Richemont.	Pi. surb.	5 de 8,8 à 10,7. .	6,8	48,1	236	*Lebrun.* 1740.
Liron, à l'Orne.	Suzémont.	Pi. cint.	5 de 6 à 7,7. . . .	8,0	32,4	83	1725.
	Conflans.	Pi. cint	3 de 12 à 13 . . .	8,7	37,8	122	Mod.
Sarre, à la Moselle.	Sarrebourg.	Pi. surb.	3 de 9,7.	9,7	29,2	66	*Gourdain.*
	Fénétrange.	Pi. surb. Moel. arc. .	5 de 2,9 à 7,8. . .	6,8	29,2	55	*Baligand.* 1760.
	Volskirch.	Pi. surb. Moel. cint. .	10 de 4,6 à 6,2. . .	6,2	49,9	50	*Dingler.* Anc.
	Bouquenom.	Moel. cint.	14 de 6 à 7,3. . . .	5,5	98,4	98	Anc.
	Keskastel.	Pi. surb.	3 de 8,6 à 10. . .	7,8	27,3	27	*Dingler.*

	Herbitzheim. . . .	Moel. cint	17 de 1,8 à 7,8. . .	4,8	97,9	103	Anc.
	Sarguemines. . . .	Pi. cint.	6 de 8,1 à 12. . .	5,5	55,1	242	Anc.
	Sarrebruck.	Pi. surb. arc.	13 de 8 à 11,5. . .	7,7	125,8	1183	*Stengel.* Anc.
	Contz	Pi. arc	8 de 5,3 à 17. . .	4,8	94,7	640	1784.
ALBE, à la Sarre.	Sarralbe.	Pi. surb.	3 de 10,7 à 11,7.	7.8	33,1	115	*Baligand.* 1760.
VELFERDING, à la Sarre.	Velferding.	Moel. cint.	4 de 5,8.	6,5	23,4	60	Anc.
BLIESE, à la Sarre.	Fzamberg	Pi. surb.	3 de 10,7 à 11,7.	7,8	33,1	110	*Baligand.* 1762.
	Schwartzmacker. . .	Bo. pal	5 de 6,8.	5,5	34,0	187	Mod.
	Bliescastel.	Bo. pal	3 de 14. . . . , .	5,6	42,0	294	*Walhl.*
	Nunkirch..	Bo. pil	2 de 9,2.	7,0	22,2	198	Mod.
	. . . . .	Pi. cint	2 de 1,9.	. . .	. . .	. . .	
	Wibelskirch. . . .	Bo. pil	2 de 13 à 24. . .	7,0	37,0	223	*Stengel.*
THRON, à la Bliese.	Thron	. . . . .	4 de 2,9 à 6,7. . .	3,8	21,6	59	Anc.
NIEDT allemande, à la Sarre.	Faulquemont	Moel. cint.	13 de 3,1 à 4,6. .	9,3	44,4	92	*De Chaize.* 1740.
	Bionville.	Pi. surb.	3 de 9 à 9,5. . . .	7,8	27,5	92	1771.
NIEDT française, à la Sarre.	Pont à Chaussy. . .	Pi. surb	3 de 13,7 à 15,2..	7,9	42,6	232	1780.
	Bouzonville	Pi. cint.	6 de 7,8 à 9,9. . .	7,8	55,0	233	Anc.
SURE, à la Moselle.	Wasserbillig. . . .	Pi. cint	5 de 7,9 à 16. . .	4,0	62,0	541	Anc.
	Helperdange. . . .	Pi. surb.	5 de 8,3 à 10. . .	7,5	45,0	155	*Mengin.*
ALZETTE, à la Sure.	Etelbruck	Pi. cint	5 de 10,2 à 11,5 .	7,1	52,3	286	Anc.
	Colmar.	*Détruit*	. . . . .	. . .	. . .	. . .	
	Mersch.	Pi. cint	6 de 6.	7,0	36,0	103	Anc.
	Valferdange	Pi. cint.	6 de 5 à 6.	7,0	32,2	78	Anc.
	Luxembourg. . . .	Pi. cint.	3 de 6,5 à 7,2 . .	5,0	21,2	69	Anc.
	Hesperange	Pi. surb.	3 de 8,8.	7,8	26,4	77	*Lebrun.*
SYRE, à la Sure.	Mertert	Pi. surb.	2 de 10,4.	9,9	20,8	59	*Mengin.*
ROUWER, à la Moselle.	Rouwer.	Pi. arc.	6 de 5,3 à 7,5 . .	5,9	40,9	110	Anc.
LIESER, à la Moselle.	Wittlich.	Pi. arc..	2 de 6 à 6,7. . . .	4,4	24,4	60	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	2 de 5,4 à 6,3. . .	. . .	. . .	. . .	
	Maring.	Pi. arc. cint.	2 de 6 à 16. . . .	6,0	22,0	149	Mod.
AHR, au Rhin.	Zinzig.	Bo. pal.	5 de 8,6.	6,0	43,0	168	Mod.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
			BASSIN DU PO.				
Pô, à la mer.	Carignan.	Bo. pal.	14 de 8,7 à 12,6. .	6,1	122,1	641	Anc.
	Moncallier.	Bo. pal.	12 de 7 à 9,8. . . .	5,5	96,8	673	Anc.
	Turin.	Moel. arc.	7 de 2,9 à 10,7. .	8,1	104,3	775	Anc.
	. . . . .	Bo. pil	6 de 2,5 à 14,1. .	. . .	. . .	. . .	
Vraita, au Pô.	Costigliole.	Bo. pal.	7 de 4.	4,2	28,4	37	*Thierriat.*
	Costigliole.	Sap. pal.	12 de 6.	4,0	72,0	94	Anc.
	Polonghera.	Moel. arc.	3 de 7,7 à 10,3. .	4,4	28,3	134	1714.
Maira, au Pô.	Drônero.	Moel. cint. surb. . . .	3 de 7,1 à 26,3. .	6,0	49,2	72	Anc.
	Busca. 1er. *pont.* . .	Moel. arc.	4 de 8,2 à 8,3 . .	5,6	33,1	75	Anc.
	2e. *pont.*	Moel. arc.	3 de 8,8 à 12,4. .	4,5	30,2	79	Anc.
	Savillan.	Bo. pal.	6 de 7,4.	3,8	44,4	100	*Negro.*
	Cavaler-Magiore. . .	Bo. pal.	14 de 7.	4,9	98,0	157	1785.
	Racconigi	Bo. pal.	13 de 6,2.	4,6	80,6	157	1782.
Sangon, au Pô.	Moncallier.	Moel. surb	7 de 8,8 à 13,9. .	7,5	80,4	201	*Lombardi.* 1767.
Chisola, au Fangon.	Loggia.	Bo. pal.	5 de 6,2 à 7,2. . .	6,2	32,3	119	Anc.
	Moncallier.	Bo. pal.	4 de 5,8 à 6,8. . .	6,1	25,2	74	Anc.
Doire, au Pô.	Salbertrand.	Sap. pal.	4 de 8 à 9,4. . . .	4,2	33,7	34	Anc.
	Suze.	Pi. arc	1 de 20,5. . . .	4,3	20,5	62	Anc.
	Suze.	Pi. arc.	2 de 11 à 16. . . .	5,5	26,0	72	Anc.
	Bussolin.	Pi. arc.	2 de 13 à 13,2 . .	4,2	26,2	92	Anc.
	Turin.	Moel. arc.	1 de 6,9.	5,6	90,1	351	Anc.
	. . . . .	Bo. pal.	11 de 4,6 à 9,2. . .	. . .	. . .	. . .	
Cénischia, à la Doire.	Suze.	Moel arc.	4 de 7 à 11	5,2	34,0	78	Anc.
Tanaro, au Pô.	Alexandrie.	Moel. surb	10 de 16,3 à 22,2.	8,1	170,4	682	Anc.
Lesegno, au Tanaro.	Lesegno.	Moel arc.	4 de 15. . . . , .	6,2	60,0	78	Mod.

Cursaglia, au Tanaro.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Pesio, au Tanaro.	Ronadebaldi. . . .	Bo. pil	5 de 8,5.	4,0	42,3	131	*Thierriat.*
	Magliano Soltano. .	Moel. arc.	4 de 14 à 17. . . .	6,0	65,0	138	*Robilante.* 1781.
	Coni.	Bo. pal	18 de 6.	6,0	114,9	351	*Pie Eula.* 1773.
Stura, au Tanaro.	Bene.	Moel. cint.	3 de 12,2 à 18,5.	7,2	30,5	25	Mod.
Cussea, à la Stura.	Roccavionne.	Bo. pal	9 de 7.	5,0	63,0	156	Mod.
Gesso, à la Stura.	Coni.	Bo. pal	22 de 5,8.	5,5	127,2	254	*Figuile.*

COTES DU PO AU RHONE.

Roya, à la mer.	Tende.	Moel. arc. cint. . . .	15 de 3 à 12. . . .	8,2	60,0	24	*Capelini.* 1784.
	Fontan.	Moel. arc.	2 de 16 à 19 . . .	3,5	35,0	49	Anc.
	Saorgio.	Moel. arc.	2 de 6 à 14,5. . .	3,5	33,0	50	Anc. et mod.
	. . . . .	Sap. pal.	1 de 12,5.	. . .	. . .	. .	
	Saorgio.	Moel. cint.	2 de 11 à 12 . . .	7,4	23,0	61	*Capelini.* 1784.
Bevera, à la Roya.	Sospello.	Moel. arc. cint	2 de 8,4 à 16. . .	8,5	24,4	46	*Capelini.* 1784.
Paglione, à la mer.	Scarena.	Moel. cint. arc	10 de 9 à 18,2. . .	7,6	104,7	37	*Capelini.* 1784.
	Drap.	Pi. arc.	5 de 15,1 à 21 . .	9,5	87,6	79	*Bruscheti.*
	Nice.	Pi. arc.	3 de 11,2 à 19 . .	4,2	49,9	87	1475.
Var, à la mer.	Saint-Laurent. . . .	Bo. pil	162 de 3,4 à 7. . .	4,5	550,0	117	Anc. et mod.
Loup, à la mer.	Villeneuve.	Pi. cint	3 de 5,2 à 18,5. .	5,5	35,7	135	Anc.
Drague, à la mer.	Antibes	Bo. pal.	9 de 1,2 à 2,9. . .	4,5	22,7	39	Mod.
Blavets, à la mer.	Le Puget.	Pi. cint	7 de 3 à 5,1. . . .	6,0	27,5	69	Mod.
Argens, à la mer.	Les Arcs.	Pi. cint.	3 de 11 à 14. . .	4,0	39,0	195	Anc.
Carami, à l'Argens.	Brignolles.	Pi. cint	3 de 3,1 à 10,5. .	4,1	21,6	59	Anc.
Bresque, à l'Argens.	Entrecasteaux. . . .	Moel. cint.	2 de 6 à 16. . . .	6,0	22,0	55	Mod.
Rieutort, à l'Argens.	Le Cannet.	Pi. cint	3 de 5 à 15,7. . .	6,0	25,7	50	Mod.
Artubit, à l'Argens.	Montferrat.	Pi. cint	2 de 8 à 18. . . .	3,2	26,0	84	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouverture	Surface du débouché	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Artubit à l'Argens.	Seranon.	Pi. cint.	3 de 6 à 11,9. . .	5,0	23,9	88	Mod.
Pis, à l'Argens.	Draguignan	Pi. cint.	4 de 4 à 10. . . .	6,0	25,0	76	Mod.
	Trans	Moel. cint.	3 de 3 à 13. . . .	5,5	20,0	43	Mod.
Huvéaume, à l'Argens.	Roquevaire	Pi. arc.	2 de 10.	6,0	20,0	40	Anc.
Eygalade, à la mer.	Marseille.	Pi. surb. cint. . . .	3 de 7,7 à 8. . . .	17,0	23,3	34	Mod.
Arc, à la mer.	près d'Aix.	Pi. cint	1 de 22,4.	3,1	22,4	52	Anc.
	Aix.	Pi. cint	2 de 16.	9,9	32,0	125	Anc.
Canaux, à la mer.	Arles.	Pi. surb. cint. . . .	53 de 3,7 à 6,8 . .	10,3	300,7	109	*Vallon.* 1756.
BASSIN DU RHONE.							
Rhône, à la mer.	Genève.	Bo. pal.	16 de 5 à 6. . . .	6,6	78,0	366	Mod.
	Seyssel.	Bo. pal.	6 de 9,8 à 14,6. .	4,2	75,4	222	Mod.
	Le Sault.	Pi. surb.	5 de 15 à 33 . . .	15,3	93,0	1425	Mod.
	Lyon.	. . . . .	. . . . .	. . .	. . .	. . .	
	Morand	Bo. pal.	17 de 9,1 à 13,8. .	13,0	203,7	1253	*Morand.* 1775.
	Guillotière.	Pi. arc.	8 de 22,2 à 31 . .	7,6	173,1	. . .	Anc.
	Décharge	Pi. cint.	10 de 9,8 à 20,5. .	7,6	193,5	. . .	Anc.
	Total	. . . . .	. . . . .	. . .	366,6	1720	
	St.-Esprit.	Pi. arc	19 de 24,9 à 35,4 .	5,3	582,3	. . .	1309.
	Décharge	Pi. cint.	5 de 5,6 à 7,1 . .	5,3	34,0	. . .	*Grangent.* 1775.
	Total	. . . . .	. . . . .	. . .	616,3	3747	
	Avignon 1er. *pont* . .	Bo. pal.	16 de 14,4. . . .	7,0	230,4	1789	*Gauthey et Duvivier.*
	2e. *pont*	Bo. pal.	32 de 14,4. . . .	7,0	460,8	3686	
	Total des 2 ponts. .	. . . . .	. . . . .	. . .	691,2	5475	
Drance, au Rhône.	Vougy.	Moel. cint.	26 de 6,4 à 10. . .	4,5	241,8	545	1512.
	. . . . .	Bo. pal.	1 de 22,5.	. . .	. . .	. . .	
Arve, au Rhône.	Carouge.	Bo. pal.	10 de 2,9 à 10,1. .	5,5	87,4	394	Anc.
Usses, à l'Arve.	Frangy.	Pi. arc.	2 de 18,7.	5,3	37,2	66	1720.

Usses, à l'Arve.	Château-Chatel . . .	Pi. arc	. . . . .	. .	78,5	3	. . . . .
Valserine, au Rhône.	Bellegarde.	Pi. arc	1 de 19,5. . . .	9,8	19,5	39	*Aubry.* 1773.
Ain, au Rhône.	Pont du Navoy . . .	Pi. surb.	4 de 9,5 à 16,4. .	7,2	50,3	167	Anc.
	Poite	Pi. surb.	3 de 13,6 à 17,5.	5,5	44,8	116	Anc.
	Tour du Meix. . . .	Bo. pil	1 de 36,5. . . .	7,8	36,5	184	*Bertrand.* 1782.
	Neuville.	Pi. surb.	2 de 29,2. . . .	7,5	58,4	425	*Aubry.* 1775.
	Chazey.	Bo. pil	1 de 19,2. . . .	6,5	76,6	472	Mod.
Bienne, à l'Ain.	Avignon.	Pi. surb.	1 de 22,4. . . .	6,0	22,4	85	Anc.
	Etable.	Pi. surb	1 de 20,1. . . .	4,8	20,1	107	Anc.
Suran, à l'Ain.	Pont d'Ain	Pi. surb.	1 de 19.	7,8	19,0	72	*Gagneux.*
Saône, au Rhône.	Port-sur-Saône . . .	Pi. cint. surb.	14 de 8,1 à 16,2. .	8,8	182,5	839	*Quéret.*
	Scey-sur-Saône . . .	Pi. cint. surb.	11 de 6,5 à 9,7 . .	6,6	87,7	302	Anc.
	Gray.	Pi. arc. cint. surb. . .	20 de 5,8 à 13,6. .	11,1	177.4	805	*Quéret.*
	Pontallier	Bo. pil. pal.	29	5,2	285,0	876	Anc. et mod.
	Auxonne.	Bo. pal. pil.	15 de 3,2 à 12. . .	6,0	123,2	758	*Bonnichon.*
	Décharge	Pi. cint.	20 de 6,5.	13,6	130,0	370	*Bonnichon.* 1744.
	Total.	. . . . .	. . . . .	. . .	253,2	1128	
	St.-Jean-de-Losne .	Bo. pal.	21	6,0	158,0	1035	
	Seurre.	Bo. pil	10 de 11,7 à 16,6.	6,0	141,3	954	*Antoine.* 1766.
	Décharge	Bo. pil	15 de 6,5.	6,0	97,5	283	*Antoine.* 1766.
	Total.	. . . . .	. . . . .	. . .	238,8	1237	
	Chalons	Pi. cint.	5 de 10,2 à 19,5.	9,7	81,7	653	*Gauthey.* 1766.
	St.-Laurent	Pi. surb.	3 de 14,8 à 17,8.	6,6	48,4	319	Anc.
	Chavannes.	Pi. surb.	7 de 13.	9,7	91,0	273	*Gauthey.*
	Tot. des 3 ponts. . .	. . . . .	. . . . .	. . .	221,1	1245	
	Tournus.	Bo. pil. arc.	5 de 27,3. . . .	9,7	136,4	968	*Gauthey.*
	Décharge.	Moel. cint.	21 de 4	7,5	84,0	168	Anc.
	Total	. . . . .	. . . . .	. . .	220,4	1136	
	Mâcon.	Pi. cint.	12 de 8,1 à 18,7. .	7,8	159,9	1063	Anc.
	St.-Laurent	Pi. cint. arc	27 de 2,8 à 6,9 . .	6,9	89,1	208	Mod.
	Total.	. . . . .	. . . . .	. . .	249,0	1271	
	Lyon.						
	St.-Vincent	Bo. pal.	3 de 21,2 à 25,8 .	6,1	68,9	835	*Hubert.*
	Du Change	Pi. cint.	8 de 11 à 21,9 . .	7,1	125,5	766	Anc.
	Volant.	Bo. pal.	13 de 12,4 à 15,7.	4,9	162,0	1251	*Querville.*
	Mulatière	Bo. pal.	11 de 15,3 à 17,5.	9,7	181,0	1574	*Lallié.*
Coney, à la Saône.	Pont du bois.	Bo. pil.	4 de 5,4	6,8	21,4	62	Mod.
Amance, à la Saône.	Jussey.	Pi. cint.	8 de 2,9 à 7,8. . .	8,2	47,1	142	1785.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Drejon, à la Saône.	Vesoul.	Pi. arc	4 de 4,9	7,8	19,5	48	Anc.
	Frotey.	Pi. cint.	5 de 3,9	6,5	19,5	40	Anc.
	Champ d'Amoy. . .	Pi. surb.	3 de 7,4 à 8. . . .	6,8	22,8	44	*Quéret.* 1758.
	Houteau.	Pi. cint.	7 de 4,8 à 7,8 . .	7,9	42,7	106	1745.
	Doubs.	Bo. pal.	6 de 4,6 à 6,6 . .	5,5	27,1	77	1760.
Romaine, à la Saône.	Planches.	Pi. cint.	6 de 3,4.	4,9	20,6	42	Mod.
Salon, à la Saône.	Dampierre.	Pi. cint.	12 de 3,4 à 4 . . .	6,8	43,5	75	Anc.
Morte, à la Saône.	Corneux.	Pi. cint.	3 de 6,7.	4,5	20,1	73	Mod.
	Gray.	Bo. pal.	5 de 4,5.	6,0	22,3	78	Anc.
Antenne, à la Saône.	Beaudoncourt. . .	Pi. surb.	3 de 7,5 à 7,8 . .	11,7	22,7	56	*Quéret.*
	Faverney.	Pi. surb.	9 de 11 à 15,6 . .	7,8	116,9	344	*Bertrand.*
Breuchin, à l'Antenne.	St.-Sauveur	Pi. surb.	3 de 10,2 à 13 . .	7,0	34,6	124	*Bertrand.*
Beautey, à l'Antenne.	Fontaine.	Pi. surb.	3 de 7,1 à 7,8 . .	7,8	22,1	34	*Quéret*
Semouse, à l'Antenne.	St-Loup.	Pi. surb.	3 de 12,3 à 13,6 .	7,8	38,3	122	*Bertrand.*
Oignon, à la Saône.	Cussey.	Pi. cint.	5 de 9,7 à 9,8 . .	8,0	48,8	209	Anc.
	Emagny.	Bo. pal.	3 de 7,8 à 9,4 . .	4,5	25,0	100	Mod.
	Pin.	Pi. surb.	5 de 9,3 à 10,4. .	8,0	48,3	224	1746.
	Lure.	Pi. surb.	3 de 9,7 à 10,4. .	8,8	29,9	79	Mod.
	Villers Sexel. . . .	Bo. pal.	4 de 6,5 à 7,1 . .	5,8	33,1	119	Anc.
	Montbozon.	Pi. surb.	3 de 15,6 à 16,6.	7,8	47,7	251	*Frignet.*
	Voray	Pi. surb.	5 de 13,6 à 14,9 .	7,8	43,5	328	*Mongenet.*
	Marnay	Pi. surb. cint. . . .	19 de 5,8 à 7,8. . .	6,6	107,5	365	*Bertrand.*
	Pesmes	Pi. arc. surb	9 de 7,8 à 13,6. .	9,0	87,7	359	*Bertrand.*
Rahin, à l'Oignon.	Rouchamps	Pi. cint.	5 de 7,8	8,7	38,9	151	Anc.
Vingeanne, à la Saône.	St.-Seine.	Moel. surb	8	7,0	. . .	45	Mod.
	Renêve	Moel. surb	7 de 5 à 6.	7,0	41,1	48	Mod.
Bèze, à la Saône.	Mirebeau	Moel. cint	5 de 3	8,1	15,0	14	Anc.
	Vouges	Pi. surb.	5 de 4,3 à 8 . . .	6,6	32,5	68	Mod.

TILLE, à la Saône.	Marey	Moel. cint.	9 de 2,6 à 3,3	3,2	20,3	36	Anc.
	Crecey	Moel. surb	2 de 10.	10,0	20,0	36	Mod.
	Is-sur-Tille	Moel. cint.	9 de 4 à 5,6	5,0	38,5	47	Anc.
	Mont-sur-Tille	Moel. cint.	8 de 3 à 3,3	5,0	25,8	69	Anc.
	Lux	Pi. surb.	13 de 6 à 7.	9,5	82,0	146	Mod.
	Genlis	Pi. surb.	7 de 5,8 à 7,8	7,1	46,1	88	*Antoine.* 1782.
OUCHE, à la Saône.	Pont de Pany	Moel. cint.	11 de 2 à 15.	6,0	40,5	36	Anc.
	Plombières	Pi. surb.	3 de 10.	11,0	30,0	33	Mod.
	Dijon						
	Aubriot	Pi. cint	4 de 7	11,0	28,0	59	*Gauthey.*
	Aux Chèvres	Pi. surb.	2 de 9,7.	11,0	19,5	33	*Montfeu.*
	Total.				47,5	92	
	Longvic	Moel. cint.	8 de 4,2 à 9,7	6,0	54,6	118	Anc.
VOUGE, à la Saône.	Aubigny	Moel. surb.	7 de 3,2 à 5,8	5,0	33,9	54	Anc.
DOUBS, à la Saône.	Ste.-Marie	Sap. pal.	5 de 6,3.	4,0	31,3	105	Anc.
	Pontarlier	Moel. surb	4 de 3,9 à 7,4	6,5	24,4	57	Anc.
	Morteau	Moel. cint.	5 de 5,3 à 7,1	5,7	29,7	85	Anc.
	St.-Hypolite	Pi. cint.	4 de 6,2 à 10,2.	6,5	33,0	137	Anc.
	Pont de Roide	Pi. cint.	6 de 6,9 à 14,5.	6,3	51,7	273	1683.
	L'Isle	Pi. surb. cint.	6 de 6,7 à 11,8.	7,1	56,8	269	Anc.
	Décharge	Bo. pil	2 de 6,5 à 7,2.	6,3	20,9	67	Anc.
		Pi. cint.	1 de 6,2.				
	Total.				77,7	336	
	Clerval	Pi. cint.	6 de 11,2 à 12,2	5,3	69,6	372	1705.
	Besançon	Pi. cint. arc.	5 de 4 à 12,3.	9,0	44,5	359	*Liard.*
	Orchamps	Pi. cint.	7 de 16,6 à 17,5.	6,9	118,8	505	*Amodin.*
	Dôle	Pi. surb.	7 de 16,1 à 19,6.	9,6	122,4	568	*Quéret.*
	Décharge	Pi. cint. surb	9 de 7,6 à 17.	5,5	83,5	261	Anc.
	Total.				205,9	829	
	Navilly	Pi. surb.	5 de 23,7.	9,7	118,5	652	*Gauthey.* 1784.
ALLAND, au Doubs.	Grandwillard	Moel. cint.	7 de 5,1 à 5,2	5,1	36,1	73	Anc.
	Sochaux	Pi. cint.	4 de 7,5 à 11,2.	6,4	38,7	129	Anc.
	Mont-Beillard	Pi. cint.	12 de 4,9 à 7,3.	6,6	88,4	320	Anc. et mod.
		Bo. pil	2				
MONTREUX, au Doubs.	Bourogne	Pi. surb.	3 de 13 à 15,6	9,0	41,6	113	Mod.
SAVOUREUSE, au Doubs.	Sermagny	Pi. cint.	5 de 3,5 à 4,7	6,6	19,6	36	Anc.
	Valdoie	Pi. surb.	3 de 8,8 à 9,8	9,0	27,4	41	*Clinchamp.*
	Belfort	Pi. surb.	6 de 4,6	7,7	27,7	44	1755.
	Sevenans	Pi. surb.	3 de 10,6 à 11,6	8,9	32,8	70	Mod.

NOMS DES RIVIÈRES où les Ponts sont situés.	NOM de la Ville ou Village.	GENRE de construction.	NOMBRE et dimension des Arches ou Travées.	LARGEUR du Pont.	TOTAL des ouvertures.	SURFACE du débouché.	NOM DU CONSTRUCTEUR, et date de la construction.
SAVOUREUSE, au Doubs.	Bermont.	Pi. surb.	3 de 11,6 à 12,9 .	7,9	36,2	85	*Clinchamp.*
	Chatenoy	Pi. surb.	3 de 10,8 à 11,7 .	8,0	33,2	72	Mod.
LOUE, au Doubs.	Ornans.	Pi. surb.	3 de 9,8 à 10,4. .	6,0	30,3	99	Anc.
	Quingey.	Pi. cint. surb. . . .	6 de 8 à 8,7 . . .	4,5	50,5	185	Anc.
	Parrecey.	Pi. surb.	7 de 11,4.	7,6	79,5	307	*Quéret.* 1755.
	Mt. sous Vaudrey. .	Pi. surb. arc. cint. . .	1 de 5,8 à 5,9 . .	6,1	41,0	90	Mod.
AGLANTINE, au Doubs.	Le Deschaux.	Pi. surb.	3 de 8,7 à 9,7 . .	7,8	27,2	141	*Quéret.* 1745.
GUIOTTE, au Doubs.	Frontenard.	Bo. pal.	3 de 7	5,8	20,9	75	*Niepce.*
DHEUNE, à la Saône.	Demigny.	Pi. surb.	5 de 5,2	7,1	59,0	126	Mod.
	. . . . .	Moel. cint.	7 de 4 à 5.	. . .	. . . .	. .	
	Chagny	Pi. surb.	3 de 6.	16,2	20,6	32	*Dumorey.*
	. . . . .	Moel. cint.	1 de 2,6.	. . .	. . . .	. .	
GROSNE, à la Saône.	St.-Cyr	Pi. cint.	9 de 3,2 à 9,8 . .	9,8	51,4	82	*Antoine.*
	Epinay.	Pi. surb.	3 de 6,5 à 8,1. . .	5,9	21,1	65	*Guillemot.*
GRISON, à la Grosne.	St.-Cyr	Pi. surb.	7 de 6,8	11,7	47,7	55	Anc.
SEILLE, à la Saône.	Louhans.	Pi. surb.	3 de 11,7.	8,0	35,1	220	*Gauthey.* 1782.
	Cuisery	Bo. pal.	3 de 18,7.	7,0	56,0	270	Mod.
BRÊNE, à la Seille.	Bellevesvre	Pi. cint	3 de 8,4.	8,0	25,3	143	*Guillemot.* 1785.
VALLIÈRE, à la Seille.	Corcelles	Pi. surb.	2 de 11.	6,0	22,1	144	Mod.
SOLNAN, à la Seille.	Louhans.	Bo. pal.	3 de 13,3.	8,0	40,0	191	*Gauthey.* 1782.
MAUVAISE, à la Saône.	Pont-Anevoux. . . .	Pi. cint.	3 de 6,5 à 8,1. . .	11,7	21,1	39	Mod.
ARDIÈRE, à la Saône.	St.-Jean d'Ardière. .	Pi. surb.	3 de 9,7 à 10,6. .	9,8	30,0	53	*Lallié.*
AZERGUE, à la Saône.	Chessy.	Pi. surb.	1 de 20.	5,9	20,0	52	*Lallié.*
	Anse	Pi. cint. surb.	6 de 5,5 à 14,3. .	8,8	43,8	83	Anc.
BRÉVENNE, à l'Azergue,	Larbresle	Pi. surb.	3 de 8,2 à 9,2. . .	8,8	25,6	59	Mod.

Izeron, au Rhône.	Oulins.	Moel. arc.	4 de 8 à 12,5. . .	4,4	41,1	90	Anc.
Gier, au Rhône.	Rive-de-Gier. . . .	Moel. cint. surb. . .	4 de 7,8 à 13. . .	3,1	39,0	220	Anc.
Gère, au Rhône.	Vienne.	Pi. surb.	1 de 31,2. . . .	10,8	31,2	217	*Bouchet.*
Varaize, au Rhône.	Auberive	Pi. surb.	3 de 11 à 11,7 . .	10,7	33,8	100	*Marmillod.*
Bancel, au Rhône.	St.-Rambert	Pi. surb.	3 de 13.	8,8	39,0	78	Mod.
Déome, au Rhône.	Annonay.	Pi. cint. surb. . . .	3 de 4,5 à 14,3. .	5,5	31,1	110	Anc.
Cance, au Rhône.	Cance.	Pi. arc.	3 de 19,5 à 20. .	6,0	59,5	258	Anc.
Day, au Rhône.	Sarras	Moel. arc.	2 de 9,1 à 15,2. .	4,0	24,3	75	*Vivion.* 1723.
Galaure, au Rhône.	St.-Vallier.	Bo. pal.	6 de 7,8	5,6	46,8	44	Anc.
Doux, au Rhône.	Boucieux	Moel. cint	3 de 11,5 à 17,9.	4,1	45,7	226	*Laulanier.* 1731.
	Tournon	Pi. arc.	1 de 49.	5,1	49,0	344	1545.
Isère, au Rhône.	Moutier.	Pi. arc	1 de 26.	5,0	26,0	72	*Naltaz.* 1786.
	Montmélian. . . .	Moel. arc.	10 de 5,2, à 16,2 .	4,7	108,3	281	Anc.
	Grenoble	Pi. surb.	3 de 21,7 à 25,1.	10,2	69,8	288	1671.
	Romans.	Pi. arc.	4 de 21,4 à 28 . .	6,5	97,9	685	Anc.
	La Roche de Glun .	Bo. pal.	13 de 14.	8,0	182,0	680	Mod.
Arc, à l'Isère.	Lans-le-Bourg. . . .	Sap. pil.	1 de 20.	3,6	20,0	60	Anc.
	Sollières.	Sap. pil.	1 de 22,5	5,0	22,5	63	Mod.
	La Praz.	Sap. pil.	1 de 20.	3,8	20,0	80	Mod.
	La Denise.	Sap. pil.	1 de 22.	4,5	22,0	77	Mod.
	La Sausse.	Moel. cint.	1 de 22,8.	4,0	22,8	77	1760.
	Villar-Clément . . .	Pi. cint.	1 de 18	6,0	36,0	111	*Carellaz.* 1780.
	Hermillon.	Moel. cint.	1 de 23,3.	3,7	45,3	126	Anc.
	. . . . .	Sap. pil.	1 de 22	. . .	. . .	. . .	
	Argentine.	Bo. pal.	1 de 26,3.	5,0	26,3	118	Mod.
Guiers, à l'Isère.	Les Echelles.	Bo. pil	4 de 10,5.	4,0	42,0	84	Anc.
	Pont de Beauvoisin.	Pi. cint.	1 de 20.	6,2	20,0	90	Anc.
	St.-Genix	Pi. cint.	5 de 14,3.	5,8	71,4	401	Anc.
Drac, à l'Isère.	Aubesagne.	Bo. pil	1 de 24.	6,0	24,0	60	Anc.
	Claix.	Pi. arc.	1 de 46.	6,5	46,0	460	1621.
Bonne, au Drac.	La Mure	Pi. arc	1 de 32,3.	7,8	32,3	90	*Bouchet.*

NOMS DES RIVIÈRES où les Ponts sont situés.	NOM de la Ville ou Village.	GENRE de construction.	NOMBRE et dimension des Arches ou Travées.	LARGEUR du Pont.	TOTAL des ouvertures.	SURFACE du débouché.	NOM DU CONSTRUCTEUR, et date de la construction.
ROMANCHE, au Drac.	Vizille.	Pi. surb.	1 de 41.	9,4	41,0	101	*Bouchet.*
ERIEUX, au Rhône.	Le Chailard.	Moel. cint.	5 de 6,2 à 16,9. .	3,0	60,7	255	*Vernet.*
	Le Pape.	Pi. cint.	7 de 14,8.	9,8	103,6	440	*Pitot.* 1756.
MONTELLIER, au Rhône.	La Voulte.	Moel. cint	2 de 11.	4,2	22,1	52	Anc.
DROME, au Rhône.	La Salle.	Bo. pil	6 de 6,9 à 8,5 . .	2,0	47,0	131	Anc.
	Die	Moel. arc.	2 de 18 à 21. . .	3,9	39,0	154	Anc.
	Sainte-Croix.	Moel. arc.	1 de 21,5.	3,5	21,5	100	Anc.
	Espenel.	Moel. cint	2 de 5 à 17	3,8	22,0	90	Anc.
	Saillant	Moel. arc. cint	4 de 4,2 à 17. . .	8,4	35,4	104	Anc.
	Aouste	Moel. cint. arc. . . .	4 de 8 à 19. . . .	4,0	50,5	180	Anc.
	Crest	Moel. arc.	6 de 9,2 à 13,5. .	4,2	66,0	268	Anc.
	Livron.	Pi. surb.	3 de 25,3 à 27,3..	9,7	77,9	280	Mod.
OUVAIZE, au Rhône.	Privas.	Pi. cint.	3 de 9,5 à 10,5. .	4,8	30,5	128	1635.
LUOL, au Rhône.	Luol.	Pi. cint	4 de 2,9 à 14. . .	4,3	38,5	92	Anc.
ROUBION, au Rhône.	Bourdeaux.	Moel. arc.	2 de 10,5 à 18. .	4,6	28,5	101	Anc.
	Charolles	Moel. arc.	2 de 23,5.	4,2	47,0	247	Anc.
	Montelimart.	Pi. surb.	3 de 19,5.	8,8	58,5	254	Mod.
RÉALLE, au Rhône.	Château-Neuf. . . .	Pi. surb.	3 de 8,7	9,7	26,2	44	Mod.
ECOUTAY, au Rhône.	Ecoutay.	Moel. cint. arc. . . .	11 de 2,4 à 9,8.. .	4,0	70,7	212	Anc.
ARDÈCHE, au Rhône.	Mayres	. . . . .	. . . . .	. . .	. . .	. . .	
	Chambon	Pi. surb.	3 de 7,8 à 8,5 . .	7,8	24,1	112	*O'Farell.* 1778.
	La Motte	Pi. surb.	1 de 23,4.	7,8	23,4	117	*O'Farell.* 1774.
	La Baume.	Pi. surb	3 de 14,2 à 15,5 .	7,8	43,9	174	*Pomier.* 1754.
	La Baume	Pi. cint. arc..	4 de 9,5 à 18,8. .	5,3	60,4	335	Anc.
	Aubénas.	Pi. cint. surb.	9 de 6,2 à 16,1. .	5,8	107,6	593	Anc.
	St.-Just	Pi. surb. cint.	11 de 9,7 à 19,5. .	9,7	276,5	1711	*Pitot.*
	. . . . .	Sap. pil.	8 de 11,5 à 19,7. .	. . .	. . .	. . .	
BURZET, à l'Ardèche.	Veyriere.	Moel. cint. arc	3 de 9,2 à 21,3. .	3,1	39,9	157	Anc.
VOLANE, à l'Ardèche.	Vals.						

Ligne, à l'Ardèche.	Sigalière.	Pi. arc	2 de 11 à 11,9 . .	4,6	22,9	64	Anc.
	Largentière	Moel. cint.	2 de 8 à 18,3. . .	4,4	26,3	66	Anc.
	La Tourasse.	Moel. cint.	3 de 7,7 à 12. . .	4,3	27,6	72	Anc.
	Joyeuse	Moel. cint. arc. . . .	3 de 10,4 à 12,7.	4,0	35,2	112	Anc.
Lande, à la Ligne.	Uzer. . . , ...	Moel. cint. arc. . . .	4 de 4,8 à 9,9. . .	4,0	32,3	91	Anc.
Beaume, à l'Ardèche.	Rozières.	Pi. surb. arc. cint . .	9 de 5,7 à 20,5. .	5,0	117,1	421	
Chassezac, à l'Ardèche.	Maison-Neuve. . . .	Pi. surb.	5 de 20,8 à 23,4.	7,8	108,0	475	*Pommier.* 1759.
Lez, au Rhône.	St.-Girons.	Bo. pil	3 de 6,9 à 9,1. . .	3,6	24,5	69	Anc.
	Taurignan.	Moel. cint. surb. . . .	3 de 5,2 à 10. . .	5,4	23,6	62	Anc.
	Baume.	Moel. cint og.	6 de 6 à 10,3. . .	2,7	49,6	84	Anc.
	Bollène	Pi. surb. arc.	3 de 16 à 15,7. .	4,6	47,4	165	Anc. et mod.
	Mont-Dragon. . . .	Pi. surb	3 de 12,7 à 13,6..	9,0	39,0	167	*Roland.* 1762.
Eygue, au Rhône.	Les Piles	Moel. cint. arc. . . .	2 de 5,4 à 19,5. .	2,8	24,9	135	1400.
	Nions.	Moel. arc.	2 de 2,5 à 39,5. .	4,0	42,0	186	1398.
	Orange	Moel. arc.	3 de 13,4 à 14,4.	4,0	41,3	134	1624.
Cèze, au Rhône.	Brésis	Pi. surb. cint.	3 de 4,9 à 21,4. .	4,9	34,1	217	Anc.
	St.-Ambroix.	Pi. cint. surb.	4 de 5,2 à 29. . .	3,6	72,2	546	Anc.
	Bagnols	. . . . .	11 de 2 à 21,4. . .	4,9	141,3	1236	Anc.
	St.-Hypolite.	Moel. cint arc.	3 de 3,7 à 13,6. .	5,0	20,1	110	Anc.
Auzonet, au Cèze.	Auzon	Moel. cint.	6 de 5,8 à 13,1. .	3,4	54,3	386	Anc.
Frescati, au Cèze.	Barjac.	Pi cint..	3 de 8,8 à 9,9 . .	6,6	27,5	112	Mod.
Tave, au Cèze.	Counaux.	Pi. arc.	1 de 20,5.	9,7	20,5	132	*Grangent.* 1784.
Luech, au Cèze.	Rastel.	Moel. cint. arc	5 de 3,9 à 17,5. .	3,9	26,3	69	Anc.
Sorgue, au Rhône.	L'Isle	Moel. cint	3 de 6,5 à 7. . . .	3,7	20,2	32	Mod.
	Sorgue.	Pi. arc.	4 de 10 à 11,2 . .	4,0	41,2	288	Anc.
Durance, au Rhône.	Briançon	Pi. cint	1 de 40	5,0	40,0	. . .	Anc.
	Presle.	Pi. cint	1 de 28	5,0	28,0	28	
	St.-Clément.	Sap. pal.	4 de 9 à 12. . . .	5,0	39,0	59	1793.
	Embrun.	Sap. pal.	3 de 15 à 20 . . .	4,5	55,0	88	Anc.
	Savines.	Sap. pal.	6 de 8 à 9.	4,5	51,0	100	Mod.
	Sisteron.	Pi. surb.	1 de 28.	4,8	28,0	319	Anc.
	Bonpas	Sap. pal	46 de 12,5.	8,0	575,0	2012	*Gauthey et Duvivier.*
Guil, à la Durance.	Mont-Lyon.	Sap. pal	5 de 3 à 6.	4,0	24,0	44	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Ubaye, à la Durance.	Barcelonnette. . . .	Sap. pal.	6 de 7,6.	3,0	45,7	69	Anc.
	Méolans.	Sap. pal.	2 de 11,6 à 12,4 .	2,3	24,1	115	Mod.
	Ubaye.	Sap. pal	1 de 21	1,8	21,0	137	Mod.
Sevraise, à la Durance.	Labroue.	Sap. pal.	4 de 8,5.	4,0	34,0	51	Anc.
Grand Buech, à la Durance.	Aspres.	Sap. pal	4 de 8.	4,0	32,0	51	Anc.
	Serres.	. . . . .	1 de 24	4,0	24,0	60	Anc.
	Sisteron.	Pi. cint	3 de 12 à 22 . . .	4,7	46,0	261	Anc.
Petit Buech, au grand Buech.	La Roche des Arnaud.	Sap. pal	3 de 8.	5,0	24,0	32	Mod.
	Labatie-Mt. Salcon.	. . . . .	2 de 12.	4,0	24,0	48	Anc.
Bléone, à la Durance.	La Javy.	Moel. arc.	4 de 14,2. . . .	4,0	56,8	55	*Vallon.* 1782.
	Digne	Moel arc	12 de 7,5 à 14,2. .	4,5	158,0	144	Anc.
	Malijay	Pi. surb.	2 de 20,7.	5,9	41,3	178	*Vallon.* 1780.
Asse, à la Durance.	Senez	Pi. surb.	1 de 28,5.	4,0	28,5	97	*Vallon.* 1767.
	Mezel	Pi. surb. arc	6 de 13,2 à 14,6 .	4,0	83,4	217	*Vallon.* 1786.
Verdon, à la Durance.	Thorame (Haute). .	Moel. arc.	1 de 21,3.	3,0	21,3	68	Anc.
	St.-André	Moel. arc.	1 de 27.	4,0	27,0	111	1698.
	Castellanne	Moel. arc.	1 de 36.	4,0	36,0	110	1404.
	Rougon	Moel. cint. arc. . . .	2 de 7 à 17,7. . .	3,6	24,7	118	Anc.
	Quinson.	Moel. arc	1 de 21,3.	3,3	21,3	183	Anc.
	Esparon.	Moel. cint.	3 de 11,2 à 24 . .	3,7	48,7	262	Anc.
	Vinon.	Pi. surb.	3 de 19,5.	9,7	58,4	263	Mod.
Calavon, à la Durance.	Cereste	Moel. arc.	3 de 12,6.	5,0	37,4	92	*Vallon.* 1735.
	Apt	Pi. arc	1 de 21,5.	4,4	21,5	78	Anc.
	Apt	Pi. arc.	3 de 12,9.	6,5	38,7	85	*Vallon.* 1725.
	Bonnieux	Pi. cint.	3 de 10,2 à 15,8 .	5,0	36,3	106	Anc.
	Cavaillon	Pi. arc.	2 de 20 à 25 . . .	3,8	45,0	119	Mod.
	Cavaillon	Pi. arc	2 de 15,8.	6,9	31,6	107	*Montard.* 1756.
Lumergue, à la Durance.	Goult	Pi. arc	2 de 10,6.	5,8	21,3	30	Mod.
Gardon d'Alais, à la Durance.	Alais	Pi. cint	10 de 10,8 à 18 . .	4,2	159,5	840	Anc.
	St.-Nicolas.	Pi. cint. og	10 de 3,9 à 15,6. .	4,5	108,5	963	Anc.
	Pont du Gard	Pi. cint	6 de 15,6 à 24,4 .	14,6	117,0	892	Anc. mod. *Pitot.*

Avesne, au Gardon d'Alais.	Mejeanne	Pi. cint	4 de 5 à 8.	5,0	25,5	62	Anc.
	St.-Hilaire.	Pi. cint	4 de 6,8 à 10,2.	4,9	25,5	75	Anc.
Droude, au Gardon d'Alais.	Mejeanne	Pi. surb. cint.	3 de 4,4 à 11,3.	4,8	20,2	55	Anc.
Braune, au Gardon d'Alais.	La Calmette.	Pi. cint.	8 de 5,3 à 8.	8,0	55,0	162	Mod.
Seyne, au Gardon d'Alais.	Serviés.	Pi. arc	2 de 11,4.	6,0	22,8	69	*Pommier.*
Gardon d'Anduze, au Gardon d'Alais.	Saumaze.	Moel. cint.	5 de 2,6 à 16,9.	4,1	44,6	270	Anc.
	St.-Martin	Moel. cint. arc.	4 de 3 à 11.	5,0	33,1	129	Anc.
	St.-Jean-du-Gard	Moel. cint.	6 de 6 à 15,4.	4,2	65,0	314	Anc.
	Toiras.	Pi. cint. og.	10 de 3,6 à 13.	3,5	88,0	466	Anc.
	Anduze	Pi. surb. og.	5 de 18,2 à 22,1.	6,1	101,0	928	*Grangent.* 1782.
Gardon de Miolet, au Gardon d'Anduze.	Miolet.	Pi. cint.	5 de 5,2 à 14,8.	3,9	63,5	421	Anc.
Salindre, au Gardon d'Anduze.	La Salle.	Pi. cint.	6 de 2,5 à 12,1.	3,0	40,7	161	Anc.
	La Salle.	Pi. cint. surb.	2 de 8,4 à 14,8.	5,2	23,2	70	Mod.
	Toiras.	Moel. cint. arc.	4 de 3,4 à 15,6.	4,2	34,6	74	Anc.

COTES DU RHONE A L'ADOUR.

Vistres, à la mer.	Caissargues	Pi. cint.	10 de 2 à 3,9	4,5	32,5	57	Anc.
Rhony, au Vistres.	Aimargues.	Pi. cint.	20 de 1,9 à 5,8	6,5	65,3	118	*Grangent.* 1755.
Cadereau, au Vistres.	Nismes.	Pi. cint.	3 de 6,5.	8,3	19,5	91	Mod.
Vidourle, à la mer.	St.-Hypolite.	Pi. cint. arc.	5 de 2,8 à 13,6.	5,2	42,8	246	Anc.
	Sauve	Pi. cint	4 de 6,5 à 15,6.	5,3	45,0	466	1690.
	Sauve	Pi. cint.	3 de 3,7 à 15,3.	5,3	25,0	461	Anc.
	Quissac	Moel. cint.	7 de 4,1 à 10,6.	6,2	56,0	296	*Grangent.* 1778.
	Sommières.	Pi. cint.	11 de 9,1 à 9,7.	6,5	75,6	655	Anc.
	Lunel	Pi. cint. surb.	6 de 10,1 à 14,9	5,8	69,1	422	Anc.
Brestalon, à la Vidourle.	Quillan	Pi. cint.	5 de 6,2 à 8,3	7,8	36,8	102	Mod.
Rieumassel, à la Vidourle.	Sauve	Pi. cint.	1 de 23,5.	7,2	23,5	305	*Grangent.* 1780.
Venouvre, à la Vidourle.	Boisseron	Pi. cint.	6 de 1,1 à 4,7	3,6	40,9	165	Anc.
	Saussine.	Pi. cint.	3 de 4,9 à 10,5.	3,9	20,9	52	Anc.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Berange, à la mer.	St.-Brés.	Pi. cint.	15 de 1,3 à 6,8 . .	5,4	61,9	134	Anc.
	Castries	Pi. cint.	10 de 3,6 à 7,8 . .	7,8	46,7	101	*Nogaret.* 1768.
Salaison, à la mer.	Vendargues	Pi. surb. cint	3 de 4,9 à 13,5. .	4,6	25,9	82	Anc.
Lez, à la mer.	Castelnau	Pi. cint.	6 de 1,8 à 16,6. .	4,5	57,9	293	Anc.
	Montferrier	Pi. cint.	1 de 25,3.	5,8	25,3	177	Mod.
	Montpellier	Pi. cint. surb	7 de 5,8 à 12. . .	5,5	51,8	603	Anc.
Liroude, au Lez.	Montferrier	Pi. surb.	7 de 3,9 à 11,7. .	7,8	35,1	51	*Giral et Roussel.* 1778.
Mosson, à la mer.	St.-Jean-de-Védas. .	Pi. cint. surb	10 de 2 à 13,6. . .	5,9	49,5	98	Anc.
	Villeneuve.	Pi. surb.	2 de 33,1.	7,8	66,2	397	*Giral et Roussel.* 1777.
	Montpellier	Pi. cint. surb	4 de 6,8 à 13,6. .	4,9	37,7	100	Anc.
	Grabel.	Pi. surb.	2 de 9,1 à 10,7. .	2,7	19,8	31	Anc.
	La Vérune.	Pi. cint	4 de 7,8.	6,5	31,2	109	Mod.
Coulezon, au Mosson.	Courneterral	Pi. cint. surb.	3 de 5,8 à 14,6. .	6,8	32,2	113	*Giral et Roussel.* 1771.
Hérault, à la mer.	Montagnac.	Pi. cint. surb	5 de 7,8 à 25,3. .	4,5	81,8	491	Mod.
	Décharge	Pi. cint.	77 de 2,9 à 7,8. . .	8,1	567,2	426	Mod.
	Total..	. . . . .	. . . . .	. . .	649,0	917	
	Gignac.	Pi. surb. cint	3 de 25,3 à 48,7 .	11,7	99,4	1344	*Fontenay.*
	Ganges	Pi. cint.	9 de 3,6 à 16,2. .	4,6	86,6	519	
	Issensac	Pi. cint.	5 de 1,9 à 17,7. .	3,0	39,8	234	Anc.
	Anniane.	Pi. cint	4 de 2,5 à 15. . .	4,0	33,8	197	Anc.
	Anniane.	Moel. cint..	4 de 1,9 à 15,6. .	3,6	34,1	721	
	Total des 2 ponts. .	. . . . .	. . . . .	. . .	67,9	918	
	N. D. de la Rouvière.						
	1er. *pont.*	Pi. cint	4 de 3,9 à 9. . . .	4,1	30,9	154	Mod.
	2e. *pont*	Pi. cint.	4 de 7,9 à 11,8. .	4,4	39,6	208	Mod.
	3e. *pont*	Pi. cint.	3 de 10,1 à 15,6 .	4,0	41,2	346	Mod.
	Total des 3 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. .	111,7	708	
	St-André. 1er. *pont* .	Pi. cint.	4 de 5,5 à 16,6. .	3,2	32,7	262	*Bedos.* 1780.
	2e. *pont.*	Moel. cint. arc	7 de 5,5 à 9,1. . .	4,7	49,0	186	Anc.
	Total des 2 ponts. .	. . . . .	. . . . .	. . .	81,7	448	
	St.-Julien.	Pi. cint	4 de 8,1 à 20,1. .	4,2	52,3	375	Mod.
Arre, à l'Hérault.	Arre.	Pi. cint	2 de 8,8 à 12,7. .	5,5	21,4	93	Mod.

	Las-Fous.	Pi. cint.	3 de 11,7 à 13,6.	4,0	37,0	219	*Gantaret.* 1700.
	Mollières.	Pi. cint.	3 de 9,7 à 17,5. .	3,6	42,3	282	Mod.
	Avèze	Pi. cint. surb. . . .	3 de 4,1 à 14,4. .	4,0	31,7	140	Anc.
	Le Vigan.	Pi. cint. arc.	4 de 8,8 à 20,4. .	4,0	48,8	197	Anc.
	Le Vigan	Pi. cint. arc.	4 de 4,9 à 15,6. .	4,9	38,0	137	Mod.
Coudouloux, à l'Arre.	Avèze	. . . . .	4 de 9,1 à 12,7. .	5,5	41,9	154	Mod.
Vis, à l'Hérault.	Madières.	Pi. surb.	1 de 29,2.	5,6	29,2	422	*Garipuy.*
	Ganges.	Moel. cint	3 de 8,1 à 15,6. .	4,9	32,6	228	Anc.
Sumène à l'Hérault.	Ganges	Pi. cint.	7 de 7,9.	4,9	55,6	156	Mod.
Lagarel, à l'Hérault.	St.-Félix.	Pi. cint.	1 de 20,4.	5,8	20,4	161	Mod.
Lergue, à l'Hérault.	St.-Martin-du-Boscq.	Pi. surb.	5 de 9,7 à 23,4. .	7,8	66,2	573	Mod.
	Lodève. 1er. *pont* . .	Pi. arc	3 de 5,8 à 14,6. .	6,8	35,1	183	Anc.
	2e. *pont*	Pi. surb.	1 de 21,1.	5,8	21,1	359	Mod.
	Total des 2 ponts . .	. . . . .	. . . . .	. . .	56,2	542	
	Pagairolles	Moel. surb	2 de 11,7 à 14,9 .	3,9	26,6	155	Anc.
	Poujols	Pi. surb.	1 de 29,2.	5,8	29,2	360	Mod.
Salaou, à la Lergue.	Celles	Pi. surb.	5 de 15,6.	7,8	77,9	499	Mod.
Ragout, à la Lergue.	Puech.	Moel. cint.	6 de 2,9 à 8,4. . .	2,9	35,7	100	Anc.
Bégude, à l'Hérault.	Mont-Blanc.	Pi. cint.	5 de 6,5.	12,0	32,5	98	Mod.
Touque, au Bégude.	Mont-Blanc.	Pi. arc.	5 de 5 à 16. . . .	6,0	53,0	101	Anc.
Baume, au Bégude.	Servian	Pi. surb.	3 de 12.	12,0	36,0	26	Mod.
Libron, à la mer.	Boujan	Pi. cint. surb	9 de 4 à 8.	4,2	44,5	49	Anc.
	Vias.	Pi. surb.	3 de 8,5 à 9,2. . .	8,0	26,2	76	Mod.
Orbe, à la mer.	Béziers.	Pi. cint. arc.	19 de 1,9 à 17. . .	5,0	174,4	505	Anc.
	Hérépian.	Pi. cint. surb.	8 de 5 à 23. . . .	5,0	103,0	277	Anc.
	Bédarieux.	Pi. cint.	4 de 11,7 à 15,6 .	3,9	52,6	300	Anc.
	St.-Martin d'Orbe. .	Moel. cint.	7 de 5,8 à 13,6. .	3,9	60,4	295	Anc.
Jaur, à l'Orbe.	St.-Pons.	Pi. cint.	2 de 7 à 13,4. . .	3,0	20,4	85	Anc.
	Olargues.	Pi. cint.	3 de 5,3 à 32. . .	4,0	47,3	195	Anc.
Cournion, au Jaur.	St.-Pons.	Pi. cint. surb.	5 de 4 à 12. . . .	8,0	20,0	76	Mod.
Cesse, à l'Orbe.	La Caunette.	Pi. surb.	1 de 20.	9,0	20,0	14	Mod.

Noms des Rivières où les Ponts sont situés.	Nom de la Ville ou Village.	Genre de construction.	Nombre et dimension des Arches ou Travées.	Largeur du Pont.	Total des ouvertures.	Surface du débouché.	Nom du Constructeur, et date de la construction.
Aude, à la mer.	Quillan	Pi. cint. surb.	3 de 5,5 à 17,8.	4,0	29,3	93	Anc.
	Campagne.	Sap. pil.	3 de 11 à 12,4.	2,9	35,2	277	Mod.
	Couiza.	Pi. arc.	5 de 10 à 13,9.	3,6	59,3	212	1682.
	Alet.	Pi. cint	4 de 11 à 21,5.	6,0	73,6	623	Mod.
	Limoux. 1er. *pont.*	Pi. arc. cint.	5 de 9,4 à 13,7.	3,8	56,4	248	Anc.
	2e. *pont*	Pi. cint.	6 de 10,2 à 14,5.	5,3	77,5	398	
	Total des 2 ponts				133,9	646	
	Carcassonne.	Pi. cint	12 de 7,7 à 14,9.	5,3	162,2	1152	1184.
	Trèbes.	Pi. surb. arc. cint.	5 de 6,8 à 23,4.	5,8	76,9	549	Anc.
	Homps	Pi. arc	3 de 21,4.	7,8	64,3	36	*Ducros.* 1785.
	Coursan.	Pi. cint. surb	5 de 11,8 à 40,4.	7,1	83,4	484	*Gauthier.*
	Décharge	Pi. arc. cint.	26 de 5,8	11,7	152,1	516	Mod.
	Total.				235,5	1000	
Sals, à l'Aude.	Couiza.	Pi. surb.	3 de 9,7 à 11,8.	4,9	31,6	112	*Ducros.*
Lauquet, à l'Aude.	Ladern	Pi. cint.	3 de 1,2 à 11.	3,2	22,8	112	Anc.
	St.-Hilaire.	Pi. arc	4 de 6,7 à 16,7.	5,0	44,5	302	Anc.
Fresquel, à l'Aude.	Ste-Eulalie	Pi arc.	3 de 8,1 à 12,7.	4,0	29,8	87	Anc.
	Pezens.	Pi. cint.	4 de 3,6 à 7,5.	4,4	24,4	115	Anc.
	Pennautier.	Pi. arc.	2 de 13,3 à 18.	4,6	31,3	133	Anc.
	Ville Montauson.	Pi. arc.	3 de 7,3 à 17,5.	3,9	36,7	139	Anc.
	Carcassonne.	Pi. arc. cint.	3 de 6,6 à 19,5.	4,1	33,8	159	1682.
Lampi, au Fresquel.	Alzonne	Pi. cint. arc.	3 de 4,2 à 12,3.	4,5	20,7	65	Anc.
Alzau, à l'Aude.	Montaulieu	Pi. cint.	4 de 6,1 à 18,5.	6,2	43,1		Mod.
Orviel, à l'Aude.	Villalier.	Pi. cint. arc.	4 de 5,8 à 13,6.	6,0	31,3	82	1732.
Bretonne, à l'Aude.	Barbairac	Pi. cint	3 de 5,9 à 8,6.	5,9	20,5	70	1736.
Argendouble, à l'Aude.	La Redorte	Pi. cint	3 de 2,1 à 9,5.	6,1	13,7	22	Mod.
Ognon, à l'Aude.	Homps.	Pi. cint	3 de 6,8 à 8,9.	6,0	22,6	421	Mod.
Répudre, à l'Aude.	Pouzols	Pi arc.	3 de 8,7.	7,8	26,0	76	Mod.
Orbieu, à l'Aude.	Lagrasse.	Pi. cint.	3 de 5,5 à 19,5.	4,5	34,8	245	Anc.

	Ornaison	Pi. cint.	5 de 11,8 à 43,8.	8,8	106,7	615	*Carney.*
Cesse, à l'Aude.	Mirepeisset	Pi. surb.	3 de 21,4 à 23,4 .	7,8	66,2	315	Mod.
	Bize.	Sap. pal.	3 de 15,6.	3,9	46,8	182	Mod.
Berre, à la mer.	Sijean.	Pi cint	1 de 23,4.	9,0	23,4	139	*Carney.*
	Sijean.	Pi. cint.	6 de 5,8.	9,7	35,1	173	Mod.
Agly, à la mer.	Estaget	Sap. pal.	9 de 7,1 à 10,8. .	3,2	71,1	354	Anc. et mod.
	Rivesaltes	Pi. surb.	2 de 12,5 à 13,5 .	6,7	80,0	389	*Lescure.* 1756.
	. . . . .	Bo. pil.	6 de 8,3 à 10,3. .	. . .	. . .	. . .	
Tet, à la mer.	Perpignan.	Pi. arc. surb..	7 de 13 à 19,5 . .	6,5	108,8	410	Anc. et mod.
Barse, au Tet.	Perpignan.	Bo. pal.	3 de 6,6 à 6,9. .	5,3	20,4	72	*Saussine.*
Tech, à la mer.	Arles.	Pi. arc. cint	4 de 4 à 20,5. . .	4,0	36,8	153	Anc.
	Ceret	Pi. cint.	1 de 45.	4,1	45,0	796	1336.

année 1820.

On a trouvé en 1820, près la Cascade de Velino, dans les états de l'Eglise, un pont antique de la plus belle époque de l'architecture romaine, à vingt pieds au-dessous du niveau actuel du sol. il est construit dans une couche de tuf calcaire qu'on ne croit pas pouvoir entier; mais on va faire des dessins exacts de ce Monument.

Mémorial de l'Industrie française. Tome 2. N°. 33.

LIVRE SECOND.

DES PRINCIPES GÉNÉRAUX

DE L'ÉTABLISSEMENT DES PONTS

ET DE LA MANIERE DE FIXER LES DIMENSIONS DE LEURS PARTIES.

Le principal objet que l'on doive avoir en vue en faisant le projet d'un pont, est de donner aux arches une ouverture convenable, pour que les eaux des inondations y passent librement, et d'en assurer la durée par une bonne construction.

La solidité d'un pont dépend presque entièrement de la maniere dont il est fondé. Lorsque ses fondements sont bien établis, la partie supérieure peut être exécutée avec simplicité ou avec luxe, sans que cela influe considérablement sur la durée de l'édifice. On voit un grand nombre de ponts se détruire ou être emportés par l'effet des méthodes vicieuses employées pour les fonder, et bien peu par la mauvaise construction de leurs piles ou de leurs voûtes. Il est au moins facile de corriger ce dernier défaut, et de prévenir les suites qu'il pourrait avoir.

On a vu que presque tous les ponts élevés avant le dix-huitieme siecle sont bâtis avec beaucoup d'économie, tant pour le genre de leur construction que pour la largeur qu'on leur a

donnée, puisque les plus importants offrent à peine un passage pour deux voitures. Les ponts de Paris sont, pour la plupart, excessivement larges, mais on ne leur avait donné cette largeur considérable que pour pouvoir y placer deux rangs de maisons, qui rendaient même la voie publique assez étroite.

Les arches de la plupart des anciens ponts de France ne sont pas grandes, et, à l'exception des têtes et des angles des murs qui sont en petites pierres de taille, tout le reste est fait en moellons, dont le prix est de beaucoup inférieur à celui de la pierre de taille : cependant les ponts bâtis avec cette simplicité durent depuis très-long-temps. Dans le siecle dernier on a cherché, en général, à mettre beaucoup de luxe dans la construction des ponts. On les a faits très-larges, même dans les endroits éloignés des villes, et l'on a élevé des arches très-grandes et très-surbaissées, dont l'exécution difficile et hardie obligeait à employer des pierres de taille considérables et d'un prix fort cher. Il est résulté de là que l'on a fait de très-beaux ponts, qui ont contribué à la gloire de la France, en donnant aux nations étrangeres une idée de la perfection à laquelle elle avait porté l'art de construire ces édifices ; mais le petit nombre de grands ponts élevés d'après ce système a absorbé les fonds que le Gouvernement pouvait consacrer à cette sorte de travaux : on s'est trouvé forcé de négliger beaucoup d'autres ponts sur les routes les plus importantes, et dont la construction eût été très-utile au commerce.

Nous pensons qu'il est indispensable de distinguer, soit par rapport à leur largeur, soit par rapport au genre de leur construction, plusieurs especes de ponts. Ceux qui sont bâtis sur des routes de seconde ou de troisieme classe et dans des villes peu considérables ne doivent pas être projetés comme les ponts élevés sur

les routes les plus fréquentées par les étrangers, et situés à l'entrée ou dans l'intérieur des grandes villes. Dans les premiers, il faut s'attacher seulement à la solidité et à la durée : ce n'est que pour les seconds qu'il peut être quelquefois permis d'aller plus loin. En adoptant ces principes, les véritables intérêts du Gouvernement seront ménagés, et ses ressources ne seront point prodiguées mal à propos.

Il y a cinq choses principales à considérer dans l'établissement d'un pont : 1° le choix de l'emplacement; 2° le débouché qu'il doit laisser à la riviere; 3° la forme des arches; 4° la grandeur des arches; 5° la largeur du pont. Chacun de ces objets est déterminé d'après certaines regles, en raison des circonstances locales; et dans la formation du projet d'un pont, rien ne doit être laissé à l'arbitraire.

Les premieres bases de ce projet étant ainsi posées, il ne reste plus qu'à fixer les dimensions particulieres de chaque partie, l'épaisseur des voûtes, celle des piles et des culées, et à choisir le genre de fondation que l'on adoptera et la nature des matériaux dont le pont sera construit. Mais il arrivera souvent que ces dernieres considérations influeront sur les premieres déterminations que l'on aura prises : il sera nécessaire, pour adopter un parti définitif, de combiner entre elles les diverses circonstances locales, et de les avoir toutes ensemble présentes à l'esprit.

La connaissance exacte du local est indispensable pour la formation du projet. Il faut avoir un plan du cours de la riviere sur une étendue suffisante pour prendre une idée de son régime et des changements que son lit peut avoir éprouvés, ou qu'il paraîtrait susceptible d'éprouver par la suite. Dans le cas où l'emplacement du pont n'est pas fixé d'avance, ce plan doit pré-

senter les renseignements qui serviront à le déterminer. Le nivellement du cours de la riviere est également nécessaire pour faire connaître sa pente ; et il faudrait que ce nivellement eût été fait dans les diverses saisons de l'année, afin que l'on pût juger des variations que les crues peuvent apporter, soit dans la pente elle-même, soit dans la maniere dont elle se distribue.

Aux profils que l'on aura pris sur la longueur du cours de la riviere, il en faudra joindre d'autres, dirigés en travers de son lit, qui serviront à fixer sa largeur, sa forme, et la profondeur des eaux aux différentes époques de l'année ; et il est sur-tout essentiel d'y marquer deux points fixes, l'un relatif aux plus basses et l'autre aux plus hautes eaux que l'on aura observées. Ces points serviront à fixer les hauteurs relatives des fondations des différentes parties du pont, celles de ses arches, et des rampes qu'il faudra former à ses abords. On doit joindre à ces profils la mesure de la vîtesse de l'eau, qu'il est sur-tout essentiel de connaître à l'époque des grandes crues.

Le plan et les profils du cours de la riviere, et les mesures de la vîtesse de l'eau, serviront à déterminer l'emplacement du pont et ses principales dimensions. Mais pour savoir quelle méthode on emploiera pour sa fondation, il faut connaître la nature du terrain sur lequel coulent les eaux du fleuve ; et l'on y parviendra en le sondant à différents endroits, et à des profondeurs suffisantes, pour être assuré que l'on en a une connaissance complette. On trouvera, à l'article de la fondation des ponts, la maniere dont se fait cette opération, ainsi que les autres connaissances que l'on doit se procurer à cet égard.

Il est enfin indispensable d'avoir des renseignements exacts sur la nature et le prix des matériaux dont on pourra disposer,

sur la possibilité de réunir un nombre déterminé d'ouvriers dans les différentes saisons de l'année, et sur leur degré de talent et d'intelligence. L'ingénieur doit rassembler avec soin toutes ces connaissances, puisqu'elles sont autant d'éléments du projet qu'il veut former.

CHAPITRE PREMIER.

DE L'ÉTABLISSEMENT DES PONTS.

SECTION PREMIERE.

DE L'EMPLACEMENT DES PONTS.

Le lieu où un pont doit être construit, n'est pas toujours à la disposition de l'ingénieur. Dans la campagne il est ordinairement déterminé par la direction des chemins, et dans l'intérieur des villes par l'emplacement des rues ou des places voisines. Il ne reste alors au constructeur qu'à chercher à vaincre le plus efficacement possible, dans le lieu qui lui est marqué, les obstacles que la nature lui oppose.

Cependant, le choix de l'emplacement du pont est quelquefois presque arbitraire, et, dans une ville même, on prend souvent le parti d'ouvrir de nouvelles rues, principalement quand les anciennes sont trop sinueuses et trop étroites. On en a usé de cette maniere à Mantes, à Orléans, à Moulins, etc. Alors il faut chercher à établir le pont sur le terrain le plus solide, et le moins susceptible de se comprimer, ou d'être affouillé par le courant du fleuve. Le rocher étant le meilleur de tous les fonds, on peut quelquefois, lorsqu'il ne se trouve pas bien bas, détourner la route pour l'aller chercher, et alonger un peu le chemin,

plutôt que d'exposer la solidité et la durée de l'ouvrage, en le faisant porter sur un sol dangereux. On voit au surplus qu'il est impossible de donner des regles générales sur cet objet, à l'égard duquel on se décide ordinairement d'après les circonstances particulieres où l'on se trouve ; et nous ne pouvons qu'indiquer les principaux motifs d'après lesquels le choix de l'emplacement doit être dirigé.

Il est essentiel de disposer l'axe du pont perpendiculairement au fil de l'eau, afin que la direction du courant soit parallele aux faces latérales des piles. Quand cela n'est pas possible, on incline les faces des piles relativement à l'axe du pont, et alors il prend le nom de pont biais. On voit qu'il faudra faire un pont biais toutes les fois que la direction de la route formera avec celle de la riviere un angle différent de l'angle droit. On évite, en général, cette espece de ponts, principalement quand ils ont plusieurs arches, à raison de la difficulté de leur construction; mais il s'en faut de beaucoup que cette difficulté, qui se réduit à quelque sujétion dans l'appareil, mérite l'importance qu'on lui a quelquefois donnée. Il ne faut jamais hésiter de faire un pont biais, dès qu'il peut y avoir quelque inconvénient soit à redresser l'alignement du chemin, soit à changer le cours de la riviere.

SECTION II.

DU DÉBOUCHÉ DES PONTS.

La question du débouché qu'on doit donner aux ponts est extrêmement importante, et leur durée dépend en très-grande partie de sa solution plus ou moins exacte. Malheureusement cette question est semblable à toutes celles qui tiennent aux sciences physico-mathématiques : on est obligé d'employer, pour la résoudre, des éléments fautifs, et qui laisseront toujours quelque incertitude aux résultats qu'on obtiendra, jusqu'à ce qu'une suite d'expériences nombreuses et authentiques ait entièrement éclairci cette matiere.

Le débouché du pont qu'on projette est moins difficile à bien déterminer, lorsqu'il existe près de son emplacement d'autres ponts sur la même riviere. Alors on a soin de mesurer pendant les crues la section du fleuve au passage de ces ponts, et d'observer la vîtesse de l'eau et la chûte qui se forme ordinairement en amont. Au moyen des comparaisons fournies par ces données, on peut quelquefois fixer le nouveau débouché d'une maniere assez exacte. Mais s'il n'existe aucun pont au-dessus ou au-dessous de celui qu'on veut construire, on se trouve réduit uniquement, pour résoudre ce problême, aux regles que nous allons exposer, et qu'il est d'ailleurs utile d'employer dans tous les cas, quand elles ne devraient offrir qu'un moyen de vérification.

La question du débouché se partage naturellement en deux autres :

1° Déterminer, d'après la connaissance du lit de la riviere, quelle est la quantité d'eau que le pont doit laisser écouler;

2° Cette quantité d'eau étant connue, fixer la surface du débouché qui lui est nécessaire.

De la maniere d'évaluer la quantité d'eau à laquelle le pont doit donner passage.

On sait que le volume de l'eau qui coule dans une riviere n'est pas le même dans toutes les saisons. Non seulement il est généralement moins considérable en été qu'en hiver, mais tous les fleuves sont sujets à des accrues momentanées produites par des pluies abondantes ou par la fonte des neiges et des glaces. Le débouché d'un pont doit être assez grand, non seulement pour laisser écouler la quantité d'eau moyenne que contient le lit de la riviere, mais encore pour donner passage à la quantité surabondante qui s'écoule pendant les crues, et c'est particulièrement en ayant égard à cette derniere circonstance, qu'on doit régler les dimensions de ses arches.

Cette quantité d'eau semble d'abord devoir être par-tout proportionnelle à la surface du terrain sur lequel tombent les eaux de pluie qui vont se rendre au point du cours de la riviere où l'on éleve le pont. Cependant, en partant de ce principe, on pourrait commettre de grandes erreurs. En effet, on a observé que la quantité d'eau qui tombe pendant la même année est très-différente dans des lieux différents ; et de plus, la nature et l'inclinaison du terrain qui la reçoit influent beaucoup sur la maniere dont elle s'écoule avec plus ou moins de vîtesse, ou dont elle penetre la terre à une plus ou moins grande profondeur. Il est facile

de voir d'ailleurs que c'est moins la quantité d'eau tombée pendant toute l'année qu'il faudrait prendre en considération, que celle qui, tombant à l'époque des grandes pluies, ou résultant de la fonte des neiges, aurait donné lieu à une crue considérable. Cependant, s'il y a beaucoup de circonstances où l'on ne doive pas s'attacher à cette considération, il ne faut pas la négliger entièrement : elle peut donner lieu à des rapprochements utiles, en l'appliquant à des lieux voisins les uns des autres, et où la disposition et la nature du terrain seraient à-peu-près les mêmes.

Mais une circonstance à laquelle il est sur-tout important d'avoir égard, est celle du temps que la quantité d'eau surabondante qui donne lieu à une crue, met à s'écouler par le lit du fleuve, ou de la vîtesse avec laquelle se fait cet écoulement : on sait que cette vîtesse dépend, en grande partie, de la pente de la riviere, et comme cette pente diminue ordinairement à mesure que l'on s'éloigne de la source du fleuve, il s'ensuit que la même masse d'eau qui aura coulé très-rapidement dans les montagnes où la riviere prend sa source, et où elle n'est encore qu'un torrent, mettra d'autant plus de lenteur à parcourir le reste de son cours, qu'elle approchera davantage de la mer ou du fleuve où cette riviere va se rendre. Ainsi, en admettant qu'elle ne reçoive point d'affluents considérables, et que le fond ait par-tout une égale consistance, si l'on construit deux ponts sur le cours de cette même riviere, il faudra donner à celui que l'on placera le plus près de sa source, un plus grand débouché qu'à l'autre, puisqu'ils doivent donner tous deux passage à la même crue, et que cette crue mettra, par exemple, deux jours à s'écouler par le premier, tandis qu'elle en mettra huit à passer sous le second.

On sait que pour évaluer la quantité d'eau qui coule dans un fleuve, il faut multiplier la surface de la section par la vîtesse moyenne. Le premier de ces deux éléments du calcul est toujours facile à connaître avec une exactitude suffisante, mais il n'en est pas de même du second. On est obligé de le déduire d'une maniere plus ou moins approchée de la mesure des vîtesses de quelques-uns des filets d'eau dont la riviere se compose, et particulièment de la vîtesse que l'on observe à la surface et au milieu du courant.

Parmi les nombreuses expériences de Dubuat sur le mouvement des fluides, on en trouve quelques-unes qui ont pour objet de déterminer les rapports de la vîtesse à la surface, avec la vîtesse de fond d'un courant d'eau, et avec sa vîtesse moyenne. Il a même déduit de ces expériences une formule qui les représente d'une maniere assez approchée : en appelant V la vîtesse à la surface et U la vîtesse moyenne, il trouve

$$U=\left(V^{\frac{1}{2}}-\tfrac{1}{2}w^{\frac{1}{2}}\right)^{2}+\tfrac{1}{4}w,$$

w étant une constante=0,02707 metre, et pour exprimer le rapport entre la vîtesse à la surface et la vîtesse de fond, en nommant cette derniere W,

$$V=\left(W^{\frac{1}{2}}+w^{\frac{1}{2}}\right)^{2}.$$

Ces deux formules lui ont servi à calculer une table qui donne les valeurs de la vîtesse de fond et de la vîtesse moyenne, relativement à la vîtesse à la surface, depuis V=0,027 metre jusqu'à V=2,707 metres.

M. de Prony est depuis revenu sur cette question (1), et il

(1) Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes, pages 73.

a observé que les formules de Dubuat étaient dans plusieurs cas en contradiction avec les résultats de l'expérience. Pour en être convaincu, il suffit d'observer qu'en faisant dans la seconde $U=o$, on a $W=w$, d'où il suit que la vîtesse à la surface étant nulle, la vîtesse de fond serait égale à 0,027 metre, et ce résultat est évidemment faux. Si dans la premiere formule on fait $V=o$, on en déduira pour U une valeur finie, ce qui ne s'accorde pas non plus avec les phénomenes que présente la nature. Il faut nécessairement que la relation que l'on établit entre U et V, donne en même temps $U=o$, et $V=o$, ou $U=\infty$, et $V=\infty$.

M. de Prony ayant cherché une formule qui satisfît à-la-fois à ces deux conditions, a choisi une équation de la forme

$$U=\frac{V(V+a)}{V+b},$$

et les valeurs des constantes a et b ayant été déterminées d'après dix-sept expériences de Dubuat, faites sur des valeurs de V qui variaient depuis $V=0,15$ metre jusqu'à $V=1,30$ metre, par le moyen d'une méthode de correction d'anomalies exposée dans l'ouvrage que nous venons de citer (1), il a trouvé

$$a=2,37187,\ b=3,15312,$$

le metre étant l'unité de mesure, ce qui donne pour la formule précédente

$$U=\frac{V(V+2,37187)}{V+3,15312}.$$

Cette formule a le double avantage de représenter plus fidelement que celle de Dubuat les résultats de ses propres expé-

(1) Voyez la premiere note, à la suite du chapitre.

riences, et de s'accorder d'ailleurs avec les phénomenes dont il s'agit ici, considérés dans leurs limites. M. de Prony observe que depuis V=0, jusqu'à V=3 metres, le rapport $\frac{V+2,37187}{V+3,15312}$ est sensiblement égal à 0,82; ainsi, comme les cas de pratique sont ordinairement renfermés dans ces limites, on pourra se servir avec une exactitude suffisante de la formule

$$U=0,82.\,V, \text{ ou même } U=\tfrac{4}{5}\,V.$$

Voilà tout ce que l'expérience et la théorie ont appris jusqu'à présent sur les moyens de déduire la valeur de la vîtesse moyenne d'un cours d'eau, de celle que l'on observe à la surface et au milieu du courant; mais il nous reste quelques observations à faire sur la maniere dont il faut se servir dans la pratique, des résultats que nous venons d'exposer.

Les expériences de Dubuat ont été faites sur des canaux factices dans lesquels la section était un rectangle ou un trapeze, et où la profondeur d'eau a varié depuis 54 millimetres jusqu'à 27 centimetres. Ce n'est donc qu'avec la plus grande réserve que l'on pourra étendre au lit des fleuves les résultats que l'on en a déduits; et la nature des mouvements des fluides ne nous est pas encore assez bien connue pour qu'il soit permis de conclure ici du petit au grand, d'une maniere entièrement absolue. De plus, les expériences sur lesquelles la formule précédente est établie, ont paru indiquer que les relations qui existent entre les trois vîtesses V, U et W, sont indépendantes de la grandeur et de la figure du lit du courant, et ces relations n'ont pas même paru changer sensiblement, quand la largeur du lit était six ou

sept fois aussi grande que sa profondeur (1). Il est, ainsi que l'observe M. de Prony, difficile de se persuader que ces différents éléments n'aient aucune influence sur les valeurs relatives de V, U et W; et des expériences faites plus en grand, en répandant un nouveau jour sur cette matiere, obligeront sans doute à revenir sur la conclusion que l'on a déduite de celles qui ont été faites jusqu'ici.

A l'époque des grandes crues, qui est celle qu'il faut choisir pour prendre les éléments du calcul de la quantité d'eau que roule le fleuve, ces eaux sont ordinairement débordées et s'étendent des deux côtés sur une grande surface où elles coulent lentement, tandis qu'elles ont une vîtesse considérable dans le milieu du courant. Il est très-probable que l'on commettrait de grandes erreurs si l'on appliquait à ces cas les regles de calcul que nous venons d'exposer. Il faut choisir, s'il est possible, un endroit de la riviere où les eaux se trouvent encaissées, et où pendant les crues elles ne débordent pas considérablement. On pourra aussi prendre la section et la vîtesse de l'eau au passage d'un pont, s'il en existe près de l'emplacement où l'on projette d'en élever un.

On voit combien les moyens que nous possédons jusqu'à présent pour obtenir directement la valeur de la vîtesse moyenne d'un fleuve, sont bornés et sujets à entraîner à des erreurs plus ou moins considérables. Comme il doit exister une certaine relation entre la section, la pente et la vîtesse d'un courant, et qu'il est toujours possible de mesurer la pente et la section, la valeur de la vîtesse s'en déduirait naturellement, si cette relation était bien connue. M. de Prony, dans l'ouvrage que nous avons cité,

(1) Dubuat, Principes d'hydraulique, tome I, page 96.

l'a déduite des meilleures expériences qu'il a pu rassembler sur cette matiere (1), et il est parvenu à l'équation

$$U = -0{,}07 + \sqrt{(0{,}005 + 3233.\,R\,I)},$$

dans laquelle U étant toujours la vîtesse moyenne du courant, R représente le rayon moyen (2) et I la pente par metre.

Cette équation paraît pouvoir donner la valeur de la vîtesse moyenne avec une exactitude suffisante pour la pratique; mais il faut observer qu'elle suppose essentiellement que la grandeur de la section du fleuve et la valeur de la pente, sont sensiblement les mêmes sur une assez grande longueur pour que la vîtesse moyenne y puisse être regardée comme constante, et il est très-essentiel d'avoir égard à cette considération quand on voudra en faire l'application.

De la maniere de fixer le débouché, relativement à la masse des eaux du fleuve.

Les dimensions du lit des fleuves sont généralement assez constantes. A l'exception des cas particuliers où ils coulent dans des terrains sablonneux qui cedent avec tant de facilité à l'action de leurs eaux, que le courant peut à chaque crue se porter dans des endroits différents, il s'établit dans chaque point du cours de la riviere un certain équilibre entre l'action exercée par les eaux sur ses parois, et la tenacité des matieres dont le lit est

(1) Voyez la seconde note à la suite du chapitre.

(2) Il est sans doute inutile de rappeler ici que l'on entend par rayon moyen, le quotient de l'aire de la section, divisée par la partie de son périmetre qui est en contact avec la paroi renfermant le fluide.

composé ; et en vertu de cet équilibre il n'arrive pas ordinairement de changements bien remarquables dans la grandeur ni dans la forme de ce lit, qui conserve toujours à-peu-près le même régime. Mais si, par l'effet d'une cause quelconque, la force avec laquelle l'eau tend à corroder et à détruire le fond et les bords de son lit est augmentée, le lit sera forcé de s'agrandir jusqu'à ce que l'équilibre se soit établi de nouveau, à moins que les parois ne soient composées de matieres qui présentent une résistance plus considérable que la force avec laquelle elles sont attaquées. Si la vîtessee du fleuve avait au contraire éprouvé une diminution, le lit se comblerait par l'effet de dépôts successifs, jusqu'à ce que la grandeur de la section fût redevenue telle que cette vîtesse fût avec la résistance du fond précisément dans le rapport marqué par la nature pour la stabilité du régime du fleuve.

Il résulte de ces principes que si on diminuait la largeur d'une riviere par des travaux faits dans son lit, la vîtesse étant forcée de s'accroître, il se formerait un remous et une chûte, les eaux réagiraient sur le fond, et le lit s'approfondirait jusqu'à ce que l'accroissement de la section combiné avec celui de la vîtesse fût capable de compenser la diminution de largeur que le fleuve aurait éprouvée, et jusqu'à ce que cette vîtesse se retrouvât en équilibre avec la résistance du fond. Si on venait au contraire à augmenter la largeur du lit, la vîtesse étant forcée de diminuer, ce lit tendrait à se combler.

Il est donc très-essentiel en construisant un pont d'avoir égard à la vîtesse que les eaux prendront sous ses voûtes : il ne faut pas que cette vîtesse augmente assez pour les obliger à attaquer le fond de la riviere, et à affouiller les fondations des piles

et des culées, et il ne faut pas non plus qu'elle soit sensiblement diminuée, parce qu'alors on aurait donné inutilement au pont une longueur trop considérable, et que cette diminution pourrait occasionner des dépôts qui deviendraient dangereux par la suite.

Il y a, relativement à ce sujet, quelques distinctions à faire à l'égard de la nature du terrain dont le fond du fleuve est composé. S'il est excessivement compact et tenace, et qu'il approche du rocher, il ne pourra point céder sensiblement à l'action de l'eau, et quelle que soit alors sa vîtesse, on n'a point à craindre que le pont soit affouillé. La seule chose à observer ici, est que les eaux ne peuvent pas prendre une grande vîtesse sans qu'il se forme à l'amont du pont un remous plus ou moins considérable, et qui, dans des cas où le débouché serait extrêmement resserré, pourrait peut-être produire des inondations dans la partie supérieure du fleuve, et en rendre la navigation difficile. Si le fond est composé d'une matiere que l'eau puisse facilement attaquer, il faudra avoir soin que sa vîtesse ordinaire ne soit pas sensiblement augmentée. Enfin si le terrain cédait à l'action de l'eau avec une telle facilité que l'on pût craindre que dans une crue le courant vînt se porter sous quelques arches et y creuser le fond, tandis qu'il déposerait en même temps du sable dans d'autres, ce serait le cas de construire un radier général : alors le fond, en présentant par-tout la même résistance à l'action du courant, l'obligerait à se régulariser et à se distribuer également sur toute la largeur de la riviere, et, tant que le radier subsisterait, on n'aurait point à craindre qu'aucune des piles pût être affouillée.

On voit par ce qui précede que la vîtesse que l'eau doit prendre sous le pont doit être, dans tous les cas, déterminée d'avance,

soit par la nature du terrain qui compose le fond de la riviere, soit par la hauteur du remous qui doit se former à l'amont du pont, et qui dépend de la valeur de cette vîtesse ; et comme la quantité d'eau que roule le fleuve est aussi connue, la surface du débouché que le pont doit laisser peut être déduite immédiatement. La question se trouve donc ramenée au problême suivant : étant données la section du lit d'une riviere et la vîtesse de l'eau, déterminer la nouvelle vîtesse que prendront ses eaux et la hauteur du remous qui se formera, en supposant que le lit se trouve resserré par la construction des piles et des culées d'un pont.

Ce problême n'est point susceptible d'être résolu rigoureusement ; mais nous allons, en négligeant quelques circonstances dont les effets sont peu sensibles, et se compensent même en grande partie, en donner, d'après Dubuat, une solution qui peut être utilement employée dans la pratique.

Supposons que ACDB (Pl. X, fig. 3) représente la face latérale d'une pile, et GEF la pente naturelle de la riviere, avant la construction du pont. Le courant se trouvant resserré dans l'intervalle EF, la vîtesse, et conséquemment la pente de la riviere, y seront plus considérables, et la surface de l'eau, en faisant abstraction des résistances particulieres produites par les avant-becs, prendra une inclinaison qui pourra être représentée par la ligne IF. Cette surface en amont s'élevera nécessairement au-dessus du point I, et nous la représenterons par la ligne HK, qui, sur une petite longueur, est sensiblement horizontale.

Appelons

Ω, l'aire de la section naturelle de la riviere.

ω, l'aire de la section, après la construction d'un pont, ou la surface du débouché.

V, la vîtesse moyenne de l'eau.

v, la vîtesse moyenne que l'eau prendra sous les arches, après la construction du pont.

I, la pente par metre de la riviere.

s, la longueur des piles et des culées = AB ou EF.

H, la hauteur du remous = EK.

g, la force accélératrice de la pesanteur = 9,8088 metres.

On aura $v = \frac{\Omega}{\omega} V$, puisque, dans un fleuve, les vîtesses sont en raison inverse de l'aire des sections correspondantes; et les hauteurs dues aux vîtesses V, et v seront représentées par

$$\frac{V^2}{2g} \text{ et } \frac{\Omega^2}{\omega^2} \frac{V^2}{2g}.$$

La partie IK de la hauteur du remous qui correspond à l'augmentation de la vîtesse, sera donc

$$IK = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{\Omega^2}{\omega^2} - 1 \right).$$

Il faut observer que le rapport $\frac{\Omega}{\omega}$ qui entre dans cette expression, n'est pas dans la nature exactement égal au rapport inverse des vîtesses $\frac{v}{V}$. On sait qu'en vertu de la contraction de la veine fluide, et des frottements sur les parois des orifices, la vîtesse v, pour que la dépense reste toujours la même, doit être plus grande que la théorie ne l'indique; ainsi, au lieu de $\frac{\Omega}{\omega}$, il faudra

mettre dans l'expression précédente $m\frac{\Omega}{\omega}$, m étant un coefficient dont la valeur dépend de l'effet de la contraction et des frottements : donc elle deviendra

$$IK=\frac{V^2}{2g}\left(m^2\frac{\Omega^2}{\omega^2}-1\right).$$

Il faut maintenant chercher la valeur de la pente qui se formera sur la longueur des piles. Avant la construction du pont, cette pente était égale à sI, et comme les pentes augmentent comme les hauteurs dues aux vîtesses correspondantes, on aura pour la valeur de la nouvelle pente

$$sI\,m^2\frac{\Omega^2}{\omega^2}.$$

Ainsi, la partie de la hauteur du remous, qui provient de l'augmentation de la pente sous les arches du pont, sera représentée par

$$EI=sI\left(m^2\frac{\Omega^2}{\omega^2}-1\right),$$

et l'on aura

$$EI+IK=H=\left(\frac{V^2}{2g}+sI\right)\left(m^2\frac{\Omega^2}{\omega^2}-1\right)$$

pour la hauteur à laquelle les eaux du fleuve s'élevent en amont, puisque leur niveau doit rester le même en aval.

Pour appliquer à la pratique le résultat auquel nous venons de parvenir, il suffira de mettre à la place de V, sa valeur $m\frac{\omega}{\Omega}v$, et de donner ensuite à v celle que l'on aura fixée d'avance, d'après les principes que nous avons posés ci-dessus, pour la vîtesse que les eaux doivent prendre sous le pont.

Quant à la valeur du coefficient m, nous sommes encore loin de pouvoir la fixer d'une maniere aussi exacte qu'il le serait à desirer. Les expériences relatives à cet objet ont toutes été faites sur des orifices percés dans des parois de différentes épaisseurs, auxquels on adaptait quelquefois des tuyaux, et au travers desquels l'eau s'écoulait sous des charges plus ou moins considérables. Indépendamment de ce que les dimensions de ces orifices, même dans les expériences faites le plus en grand, ne sont pas à comparer avec celles des arches des ponts, on voit que les circonstances de l'écoulement sont différentes de celles qui ont lieu dans la question qui nous occupe.

On verra dans un des chapitres suivants, dont l'objet est de rechercher la forme la plus avantageuse à donner aux avant-becs des piles des ponts, que cette forme influe très-sensiblement, ainsi que l'épaisseur de la pile, sur la maniere dont la contraction s'opere, et dont l'écoulement naturel de la riviere est modifié à la rencontre du pont. Il suit de là que la valeur du coefficient m dépend en partie de la forme des avant-becs et de celle des naissances des voûtes, quand elles sont plongées dans l'eau. Mais il n'est pas possible de déterminer celle qu'il doit prendre dans les différents cas, et l'on est réduit, quant à présent, à employer la valeur $m = 1{,}097$, qui paraît indiquée par quelques expériences de Dubuat, qui se rapportent à cet objet (1). Ainsi, en mettant dans l'équation précédente pour H et v les valeurs que l'on se sera données d'après la nature du fleuve et celle de l'emplacement du pont, on déduira facilement celle de ω.

(1) Voyez la troisieme note, à la suite du chapitre.

Mais pour fixer d'avance la hauteur du remous que l'on pourra laisser former à l'amont du pont, il faudrait être à même de prévoir les changements qu'il occasionnera dans la hauteur des eaux du fleuve, et les inondations qui pourraient en résulter sur ses bords. Il est facile de voir que la surface de ces eaux qui, avant la construction du pont, et dans l'hypothese d'une pente uniforme se confondait sensiblement avec un plan incliné, deviendra une surface concave qui, à l'amont du pont, sera tangente à un plan horizontal et qui, au lieu où le remous cessera de se faire sentir, sera tangente au plan de leur surface primitive. On ne peut déterminer en général la nature de cette surface; et dans le cas même où l'analyse offrirait pour cet objet des ressources suffisantes, la solution du problême pourrait rarement être employée dans la pratique, à raison des irrégularités que le cours des fleuves offre presque toujours. Mais il n'est pas douteux que la formation d'un remous à l'amont d'un pont ne pouvant produire que des inconvénients, soit par rapport à la solidité de l'édifice, soit à raison des difficultés qu'il oppose à la navigation, ou des inondations qu'il peut causer, il ne soit très-essentiel en général de le rendre aussi peu considérable qu'il est possible.

On a dit ci-dessus qu'il était dangereux de donner à la riviere un trop grand débouché : il pourrait effectivement, dans ce cas, se former sous quelques arches des attérissements qui, ayant acquis avec le temps assez de consistance pour résister à l'action du courant, obligeraient dans une grande crue les eaux à se porter de préférence sous les arches qui seraient restées libres, et exposeraient leurs piles à être affouillées. Il faut en général éviter, par une raison semblable, de composer un pont de deux

parties séparées par une île. Il pourrait se faire que l'une des deux parties se trouvant encombrée, tout le courant fût obligé de se porter sous l'autre, ce qui en occasionnerait la destruction: les ponts de Chazey et de Roanne ont été emportés de cette maniere. On voit, au surplus, que les ponts ne périssent jamais que par le défaut de débouché, et qu'en derniere analyse la trop grande diminution de la section est toujours la cause de leur ruine, soit qu'on n'ait d'abord donné au pont qu'une trop petite longueur, soit qu'au contraire on lui en ait donné une trop considérable.

Tous les éléments du calcul de l'aire du débouché doivent être pris au moment des plus grandes crues de la riviere, et c'est d'après la quantité d'eau qu'elle roule à cette époque qu'il doit être déterminé. Il est essentiel cependant, dans les rivieres qui en sont susceptibles, de disposer les arches de maniere à ce que, dans les plus basses eaux, il reste sous quelques-unes au moins un metre de profondeur, afin que la navigation ne se trouve pas interrompue. Il sera toujours possible de combiner entre elles les différentes conditions auxquelles la grandeur et la forme des arches que l'on emploiera devront satisfaire, et dans chaque cas particulier de parvenir, en faisant divers essais, à la meilleure solution du problême dont il s'agit ici.

Nous allons éclaircir ce qui concerne le débouché des ponts, en prenant pour exemple celui que l'on bâtit actuellement sur la Durance, à Bonpas. Ce pont, construit en bois, est établi entre deux levées éloignées l'une de l'autre de 534 metres. La largeur de la riviere, dans les basses eaux, est seulement de 110 metres, et la profondeur moyenne de 1,30 metre. Mais les crues de la riviere s'élevent de 3 metres, et alors la surface du débouché est de 1530 metres carrés.

Le lit de la riviere n'étant point encaissé, et sa largeur étant considérable relativement à sa profondeur, il était difficile de connaître sa vîtesse moyenne avec quelque exactitude. Mais à environ 4 myriametres au-dessus de Bonpas, près de Mirabeau, la Durance passe entre deux rochers presque à pic, et qui ne sont éloignés l'un de l'autre que de 180 metres. On a observé dans cet endroit la hauteur et la vîtesse de l'eau pendant des crues plus ou moins considérables, et on a reconnu :

1° Que la riviere ayant 2,44 metres de profondeur réduite, la vîtesse moyenne était de 1,95 metre par seconde.

2° Que lorsque la riviere avait 2,92 metres de profondeur réduite, la vîtesse moyenne était de 2,44 metres par seconde.

3° Qu'au moment des plus grandes crues, la profondeur des eaux étant de 4,87 metres, la vîtesse moyenne était de 4,12 metres. Ainsi, dans ce dernier cas, celui qu'il faut considérer particulièrement, la dépense de la riviere est de $180 \times 4{,}87 \times 4{,}12 = 3612$ metres cubes par seconde.

La distance de Mirabeau à Bonpas n'étant pas considérable, et la riviere ne recevant entre ces deux points que quelques ruisseaux ou torrents peu importants, il ne peut pas y avoir une bien grande différence entre la quantité d'eau qui coule à l'un et à l'autre. On peut évaluer approximativement cette différence en comparant la superficie des bassins qui fournissent l'eau à Mirabeau et à Bonpas, et on trouve que ce dernier surpasse l'autre d'un seizieme. Ainsi, il doit s'écouler par seconde à Bonpas un volume d'eau égal à 3838 metres cubes ; ce qui, pour une section de 1530 metres carrés, donne une vîtesse moyenne de 2,51 metres. La construction du pont en bois ne diminue que de très-peu de chose la superficie du débouché, et

l'on peut remarquer que la vîtesse de 2,51 metres par seconde qui correspond à une hauteur d'eau de plus de 3 metres dans le lit de la riviere, ne surpasse presque pas 2,44 metres, vîtesse que la riviere prend naturellement à Mirabeau pour une hauteur d'eau de 2,92 metres. Ainsi la vîtesse moyenne à Bonpas est moins considérable que dans d'autres parties du cours de la riviere, et les eaux y ont un débouché facile.

Le débouché du Rhône au pont du Saint-Esprit est d'environ 3580 metres carrés, c'est-à-dire un peu plus du double de celui de la Durance à Bonpas, tandis que la superficie des bassins dont les eaux se rendent au Rhône, au Saint-Esprit, est plus de cinq fois plus grande que celle des bassins dont les eaux se rendent à la Durance, à Bonpas. Ainsi, quoique la vîtesse du Rhône soit très-considérable sous les arches du pont du Saint-Esprit, il paraîtrait que le débouché que l'on donne à la Durance est beaucoup trop grand. Mais il faut observer que cette riviere, à Bonpas, n'étant qu'à 25 myriametres de sa source, est encore un torrent, tandis que le Rhône, au Saint-Esprit, n'en est plus un.

Il est donc très-essentiel, en réglant le débouché des ponts, de distinguer les torrents des rivieres, et d'avoir égard, en comparant la superficie des bassins, à la nature du sol et au temps que les eaux mettent à s'écouler. Il peut arriver, comme on l'a dit ci-dessus, qu'il soit nécessaire de construire sur une riviere un pont plus grand à peu de distance de sa source que dans un lieu plus éloigné, lors même qu'elle a reçu dans son lit plusieurs affluents.

SECTION III.

DE LA FORME DES ARCHES.

Les arches des ponts se divisent, relativement à leur forme, en trois especes principales : les arches en *plein cintre*, décrites par une demi-circonférence; les arches en *anse de panier*, décrites ordinairement par plusieurs arcs de cercles de différents rayons, et dont la forme approche de celle d'une demi-ellipse; et les arches en *arc de cercle*, qui sont formées d'un arc de cercle d'un nombre de degrés plus ou moins considérable.

Les arches en plein cintre sont les plus anciennement usitées. On ne trouve guere de ponts antiques où l'on n'ait pas employé cette forme, qui, pendant long-temps, a été généralement adoptée en Europe, et qui a l'avantage de présenter le plus de solidité et le plus de facilité dans la construction. Mais les arches en plein cintre ont l'inconvénient d'obstruer considérablement le passage de l'eau.

On a vu, dans le premier livre, que l'usage des arches en anse de panier ne s'était introduit en France que vers la fin du dix-septieme siecle. On a été porté à adopter cette forme par la nécessité de donner beaucoup de débouché sans augmenter considérablement la hauteur. Elle a effectivement cet avantage, et offre d'ailleurs, quand les deux diametres ne sont pas très-inégaux, presque autant de solidité et de facilité dans la construction que le plein cintre.

Quant aux arches en arc de cercle, il faut distinguer deux

cas différents. Le premier est celui où les naissances sont plongées dans l'eau, comme elles le sont dans les premiers grands ponts bâtis en France, tels que le pont du Saint-Esprit et l'ancien pont d'Avignon. Alors la forme de l'arche a sur l'anse de panier le désavantage de donner un débouché moins considérable, et d'occasionner des tympans très-massifs. Ce dernier défaut paraît avoir été senti par les premiers constructeurs, car les reins de leurs voûtes sont presque toujours remplis simplement en terre, ou déchargés par le moyen de petites arcades.

Dans le second cas, les naissances de l'arc sont élevées sur des pieds-droits, à-peu-près à la hauteur des grandes eaux du fleuve, comme au pont de la Concorde à Paris, ce qui oblige ordinairement à faire l'arc très-surbaissé. Il en résulte que la pression latérale des voussoirs est très-considérable, et il faut alors mettre le plus grand soin dans la construction, afin que la voûte ne soit pas sujette à baisser après le décintrement, ainsi que cela est arrivé quelquefois. La maniere dont s'exerce la poussée dans les arches de cette espece est différente de celle dont elle agit dans les autres. Elles ne tendent pas ordinairement à renverser les culées, mais à les faire glisser horizontalement. Nous indiquerons par la suite les moyens que nous croyons les plus convenables pour résister à cette poussée, sans faire des dépenses trop considérables.

On verra aussi par la suite que la résistance que les naissances des arches opposent au courant, lorsqu'elles y sont plongées, est une des principales causes des affouillements qui se forment au pied des piles. Les ponts en arc ont donc, sous ce rapport, un grand avantage sur les autres, lorsque leurs naissances ne sont pas atteintes par les eaux du fleuve.

Il n'est pas possible de donner de regles générales pour le choix qu'il faudra faire entre ces différentes especes d'arches. On se décidera dans chaque cas particulier d'après les circonstances locales qui pourront se présenter. La surface du débouché qu'il faudra donner à la riviere, les hauteurs relatives des plus grandes et des plus basses eaux, celle à laquelle on sera maître d'élever la surface du pavé du pont, l'obligation où l'on sera quelquefois de laisser la liberté de détruire une arche, et par conséquent de faire faire aux piles la fonction de culées, fourniront les principaux motifs du parti que l'on prendra sur cet objet. Il faudra aussi faire entrer en considération la nature des matériaux que l'on aura à sa disposition, et le degré de résistance qu'ils pourront offrir : nous reviendrons par la suite sur cette matiere.

Aux trois especes d'arches dont nous venons de parler, et qui sont les seules qui soient actuellement en usage en France, il faut joindre les formes employées par les Arabes, dont on a vu précédemment quelques exemples, et sur-tout la forme gothique, composée de deux arcs de cercle, et connue sous le nom d'ogive. Cette derniere aurait l'inconvénient de diminuer considérablement le débouché, mais on remédie aisément à ce défaut, en pratiquant des ouvertures dans les tympans, ainsi qu'on l'a fait à l'un des ponts de Pavie (Pl. I, fig. 24.). On peut rencontrer des cas où cette forme ait ses avantages. Le goût d'ailleurs n'en doit proscrire aucune, parce qu'elles ont toutes leur mérite, quand elles sont employées convenablement.

SECTION IV.

DE LA GRANDEUR DES ARCHES.

Quoique la grandeur des arches dépende ordinairement de circonstances particulieres au lieu où le pont doit être élevé, on va essayer d'établir quelques regles générales qui puissent guider relativement à cet objet.

Les petites arches conviennent principalement aux rivieres tranquilles et dont les eaux ne s'élevent pas à une grande hauteur. Il est ordinairement alors facile de fonder, et c'est une raison de plus pour ne pas craindre de multiplier les points d'appui. Les grandes arches conviennent au contraire aux torrents, où il est en général difficile d'établir des fondations, et où les eaux entraînent souvent des rochers ou des arbres, qui peuvent dégrader les piles et les naissances des arches, qu'il est important de placer alors au-dessus de la surface des eaux.

Dans les grandes rivieres, les grandes arches doivent, en général, être employées de préférence, sur-tout quand elles sont sujettes à de fortes crues; mais la maniere plus ou moins coûteuse dont on établira les fondations des piles, influera beaucoup sur le parti que l'on pourra prendre à ce sujet. On aura égard aussi à la nature des matériaux dont le pont sera construit, et qui ont besoin d'offrir plus de solidité pour de grandes arches que pour de petites, ainsi qu'à l'espece et à la grandeur des bateaux qui naviguent sur le fleuve, auxquels il faut laisser un passage commode.

Quant aux ouvertures relatives des arches, il y a deux partis

à prendre à cet égard : on peut faire toutes les arches égales entre elles, ou diminuer progressivement leurs ouvertures, depuis celle du milieu jusqu'à celles qui joignent les culées.

Si toutes les arches sont égales, on a l'avantage de donner aux cerveaux de leurs voûtes la même hauteur au-dessus de l'eau, et de pouvoir les cintrer toutes avec les bois qui auront servi pour les deux premieres. Mais alors on augmente la hauteur des abords du pont, et par conséquent on se trouve ordinairement obligé de faire des levées plus considérables, et d'encombrer davantage les maisons qui peuvent s'y rencontrer. On éprouve aussi l'inconvénient de ne pouvoir se débarrasser facilement des eaux pluviales qui séjournent long-temps sur le pont, pénetrent peu à peu jusqu'à la chappe et la dégradent; on ne peut donner que peu de pente aux ruisseaux par lesquels les eaux se rendent aux gargouilles qui les versent dans la riviere. Lorsque les ponts ont deux trottoirs, les ouvertures verticales qu'on pratique au travers des voûtes sont sujettes aux mêmes inconvénients.

Si les diametres des arches sont inégaux, ces derniers inconvénients disparaissent : on est alors libre de donner de chaque côté au pavé du pont une pente qui cependant ne peut guere excéder 28 millimetres par metre. On diminue ainsi l'encombrement des abords et la hauteur des levées. Il est possible au surplus d'obtenir à-la-fois les avantages de ces deux méthodes, en donnant à toutes les arches la même ouverture, mais en plaçant leurs naissances à des hauteurs qui iraient en décroissant, depuis le milieu jusqu'aux extrémités du pont.

Il est nécessaire de laisser aux arches une hauteur suffisante, pour que dans les grandes crues les corps étrangers, tels que les arbres, que la riviere peut entraîner, puissent passer sous les

voûtes. Le minimum de cette hauteur est, quand les arches sont égales, d'un metre environ ; quand elles sont inégales, cette hauteur peut être comprise entre 70 centimetres et 1,40 metre.

SECTION V.

DE LA LARGEUR DES PONTS.

La largeur qu'on doit donner aux ponts dépend uniquement de l'emplacement où ils sont élevés. Elle doit être réglée d'après le degré d'importance de la route pour laquelle ils sont construits, ou la population de la ville qu'ils desservent, et il est essentiel de ne pas rendre cette largeur trop considérable, parce que c'est augmenter sans utilité la dépense.

Si le pont est construit dans la campagne, et pour un chemin vicinal, il suffira de lui donner 4 à 5 metres, sur-tout s'il n'est pas très-long. Pour une route de seconde classe, la largeur doit être de 6 à 7 metres, ce qui suffit pour faire passer à la fois deux voitures et des gens de pied. On pourra donner 9 à 10 metres à un pont construit pour une route de premiere classe.

Dans l'intérieur des villes, la largeur des ponts peut varier depuis 10 jusqu'à 20 metres, en raison de la population et de l'activité du commerce, mais elle ne doit gueres excéder cette derniere limite. Le Pont-Neuf, à Paris, qui est sans doute un des ponts les plus fréquentés qui existent, et où la circulation n'est point gênée, n'a que 20,79 metres de largeur entre les parapets.

NOTE PREMIERE.

Sur quelques méthodes d'interpolation.

L'OBJET de cette note est de mettre sous les yeux des constructeurs quelques méthodes d'interpolation dont ils peuvent faire un usage utile, et particulièrement celles de M. de la Place, qui ont été mentionnées dans le texte. Mais avant de les exposer, nous allons rapporter d'excellentes réflexions de M. de Prony, sur le problème de l'interpolation considéré sous un point de vue général : elles sont très-propres à faire saisir l'esprit de ces méthodes.

« L'étude de la nature, ramenée à l'examen et à la connaissance effective de ses opérations, me paraît offrir deux objets de recherche qu'il ne faut pas confondre, l'explication des effets, et leur mesure.

« L'*explication* des effets consiste à trouver, dans une classe de phénomenes composés, les phénomenes simples ou primitifs dont tous les autres ne sont que les modifications ou les combinaisons diverses, et à faire voir comment on peut, à travers les apparences les plus variées, démêler l'action et la maniere d'être des éléments pris pour base du système.....

« La *mesure* des effets est l'évaluation des différents degrés d'intensité dont chacun est susceptible, lorsqu'on fait varier, soit les causes qui le produisent, soit d'autres effets auxquels il est lié.....

« On voit donc que l'*explication* des effets, dont le grand avantage est de simplifier la science et d'en coordonner les différentes parties par l'analyse et la décomposition des phénomenes composés, a un complément essentiel dans la mesure de ces mêmes effets, qui est toujours très-utile, et souvent indispensable lorsqu'on veut appliquer les découvertes théoriques aux besoins de la société.

« L'expérience peut seule fournir les premieres données sur la mesure des effets physiques ; mais le calcul s'y applique ensuite avec beaucoup d'avantages, soit pour obtenir les résultats intermédiaires à ceux trouvés par le fait, soit pour en corriger les anomalies. La méthode qu'on emploie dans ce cas est connue sous le nom d'*interpolation :* elle a pour objet de trouver une équation entre deux ou trois variables, telle que si on donne des valeurs déterminées à une ou deux de ces variables, il en résulte des valeurs pareillement déterminées pour la deuxieme ou la troisieme. Le problême, considéré sous cet aspect, peut se résoudre d'une infinité de manieres, parce qu'il y a une infinité de fonctions qui peuvent s'évanouir par les mêmes substitutions ; mais ce serait une grande erreur de penser que toutes ces solutions sont également applicables à un cas proposé. La nature, quoique soumise à des lois générales, vraisemblablement très-simples et très-peu nombreuses, a autant de modifications particulieres dans ses procédés que de variétés dans ses formes ; et chaque phénomene, considéré sous l'aspect mensurable, se rapporte toujours à une certaine fonction qui doit le représenter exclusivement.

« Le problême de l'interpolation a donc deux parties très-distinctes : dans l'une, on se propose de satisfaire à des nombres donnés ; dans l'autre, on cherche parmi toutes les fonctions qui remplissent cette condition quelle est celle qui convient à l'espece particuliere des phénomenes qu'on traite.

« J'ai donné, n° 19 de mes leçons d'analyse (1), une solution de la premiere partie du problême qu'on emploie très-souvent, principalement comme méthode de correction. Lagrange a publié sur le même sujet un très-beau mémoire (2) où il envisage la question plus généralement qu'on ne l'avait encore fait.....

« La solution de la seconde partie ne paraît pas, dans l'état actuel

(1) Ces leçons ont été publiées dans le journal de l'École polytechnique (Voyez les trois premiers cahiers). La méthode dont il s'agit est exposée dans cette note, § I.

(2) Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1772.

de nos connaissances, susceptible d'être soumise à des regles générales, sur-tout lorsque les observations sont peu nombreuses, et n'embrassent pas une grande étendue; un examen attentif de tous les détails et de la marche des expériences, des essais réitérés, l'analogie, semblent être les seuls guides qu'on ait dans cette pénible recherche; et ces difficultés, jointes à celles de la précision dans les expériences, rendent les déterminations exactes des lois des phénomenes très-rares en physique (1). »

PARAGRAPHE PREMIER.

Méthode d'interpolation par le moyen de laquelle on établit entre les variables une relation exprimée par l'équation d'une courbe du genre parabolique, laquelle satisfait à un nombre donné d'observations.

Supposons qu'à une suite donnée

$$x_0, x_I, x_{II}, x_{III}, \ldots\ldots x_{(n)},$$

de valeurs d'une variable x, corresponde une suite également donnée

$$z_0, z_I, z_{II}, z_{III}, \ldots\ldots z_{(n)},$$

de valeurs d'une variable z, que l'on regardera comme une fonction de x. La relation entre z et x pourra être exprimée par une équation de la forme

$$z = \alpha + \alpha' x + \alpha'' x^2 + \ldots\ldots + \alpha^{(n)} x^n,$$

$\alpha, \alpha', \alpha'', \ldots\ldots \alpha^{(n)}$ étant des coefficients indéterminés. Ces coefficients sont en même nombre que les valeurs données de x et de z;

(1) Nouvelle architecture hydraulique, IIe partie, pag. 153 et 154.

et l'on aura, pour calculer leurs expressions, les équations suivantes:

$$z_0 = \alpha + \alpha' x_0 + \alpha'' x_0^2 + \ldots\ldots + \alpha^{(n)} x_0^n,$$
$$z_1 = \alpha + \alpha' x_1 + \alpha'' x_1^2 + \ldots\ldots + \alpha^{(n)} x_1^n,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$z_{(n)} = \alpha + \alpha' x_{(n)} + \alpha'' x_{(n)}^2 + \ldots + \alpha^{(n)} x^n{}_{(n)},$$

qui ne sont autre chose que l'équation entre z et x dans laquelle on a substitué successivement les valeurs correspondantes des deux variables.

Le calcul des éliminations qui doivent être faites entre ces deux équations, pour trouver les valeurs de α, α', α'', ... $\alpha^{(n)}$, pourrait s'effectuer d'une maniere très-simple : mais on peut l'éviter, en observant que l'équation finale entre z et x doit être satisfaite par les valeurs correspondantes des deux variables que l'on y substituerait simultanément. Elle sera donc de la forme

$$z = \frac{(x-x_1)(x-x_{11})(x-x_{111})\ldots.}{(x_0-x_1)(x_0-x_{11})(x_0-x_{111})\ldots.} z_0 + \frac{(x-x_0)(x-x_{11})(x-x_{111})\ldots.}{(x_1-x_0)(x_1-x_{11})(x_1-x_{111})\ldots.} z_1$$
$$+ \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_{111})\ldots.}{(x_{11}-x_0)(x_{11}-x_1)(x_{11}-x_{111})\ldots.} z_{11} + \text{etc.}$$

La loi des termes est très-facile à saisir.

En faisant

$$X = (x-x_0)(x-x_1)(x-x_{11})\ldots\ldots(x-x_{(n)}),$$

et représentant par

$$X_0, X_1, X_{11}, \ldots\ldots X_{(n)},$$

ce que deviennent

$$\frac{X}{x-x_0}, \frac{X}{x-x_1}, \frac{X}{x-x_{11}}, \ldots\ldots \frac{X}{x-x_{(n)}},$$

quand on y met successivement à la place de x les valeurs x_0, x_1,

$x_{,,}, \ldots . x_{(n)}$, l'équation précédente pourra s'écrire de cette maniere

$$z = X\left[\frac{z_{,}}{(x-x_{,})\,X_{,}} + \frac{z_{,,}}{(x-x_{,,})\,X_{,,}} + \frac{z_{,,,}}{(x-x_{,,,})\,X_{,,,}} + \ldots . + \frac{z_{(n)}}{(x-x_{(n)})\,X_{(n)}}\right]$$

Si les observations sont équidistantes, on a $x_{,}-x_{,}=x_{,,}-x_{,}=x_{,,,}-x_{,,}=$ etc., et si l'on suppose de plus $x_{,}=0$, l'intervalle de toutes les observations sera égal à $x_{,}$, et l'on aura

$$\begin{aligned}
X &= x\,(x-x_{,})\,(x-2x_{,})\,(x-3x_{,}) \ldots . (x-nx_{,}) \\
X_{,} &= \pm 1.2.3.4 \ldots . nx_{,}^{n} \\
X_{,,} &= \mp 1^{2}.2.3.4 \ldots . (n-1)\,x_{,}^{n} \\
X_{,,,} &= \pm 1^{2}.2^{2}3.4 \ldots . (n-2)\,x_{,}^{n} \\
&\text{etc.} \qquad \text{etc.}
\end{aligned}$$

les signes supérieurs et inférieurs ayant lieu respectivement, lorsque n est pair ou impair.

On pourra toujours, par le moyen des équations que nous venons d'obtenir, représenter une suite d'observations dont le nombre serait égal à l'indice du degré de l'équation augmenté d'une unité. Mais il faut observer que la courbe indiquée par cette équation pouvant avoir un nombre de tangentes paralleles à l'axe de z, égal au degré de l'équation diminué d'une unité, son cours peut offrir, entre les points donnés, des inflexions et des sinuosités qui le rendraient peu susceptible de représenter la marche des expériences. On ne peut donc en faire usage qu'autant que les observations sont suffisamment rapprochées, et qu'elles sont de nature à n'embrasser qu'une portion peu étendue du cours de la courbe.

§ II.

Méthode d'interpolation applicable à la représentation analytique des lois de la dilatabilité et de la force expansive des fluides élastiques, où la relation entre les variables est donnée par une fonction exponentielle.

Les recherches que M. de Prony a faites pour parvenir à représenter par une loi analytique le résultat de diverses expériences sur

la dilatabilité des fluides élastiques, forment une des applications les plus remarquables et les plus satisfaisantes des méthodes d'interpolation, et l'un des plus beaux exemples que l'on puisse offrir sur cette matiere. (Voyez la Nouvelle Architecture hydraulique, IIe partie, page 152 et suiv.) Il s'agissait d'exprimer, d'après quelques résultats donnés, la relation qui devait exister entre les quantités x et z; x représentant un degré de température, et z la dilatation correspondante d'un fluide élastique. M. de Prony considérant que la loi de quelques phénomenes relatifs à ces fluides, et particulièrement la relation entre la densité des couches de l'atmosphere et leurs élévations respectives, étaient exprimées par une exponentielle, fut conduit par l'analogie à une équation de la forme

$$z = \mu_{,} \rho_{,}^{x} + \mu_{,,} \rho_{,,}^{x} + \mu_{,,,} \rho_{,,,}^{x} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x},$$

les quantités $\mu_{,}$, $\mu_{,,}$, $\mu_{,,,}$, ... et $\rho_{,}$, $\rho_{,,}$, $\rho_{,,,}$, ... étant des constantes dont la valeur est donnée dans chaque cas par la nature particuliere du fluide élastique que l'on considere. On sait que cette équation représente le terme général d'une suite récurrente de l'ordre n, et les suites de ce genre dans lesquelles un terme quelconque se déduit par une loi donnée d'un certain nombre de termes qui précedent, ont des rapports avec les phénomenes des corps élastiques, dont l'état à chaque instant dépend toujours des états précédents.

Si les expériences n'avaient pas été dirigées de maniere à rendre les résultats équidistants, il faudrait commencer par leur faire remplir cette condition. On y parvient facilement, soit en construisant la courbe des expériences, soit en faisant usage de la méthode d'interpolation que l'on a rapportée ci-dessus. En effet, si $z_{,}$, $z_{,,}$ et $z_{,,,}$ représentent trois résultats consécutifs, on aura, pour calculer un résultat z, à la distance x de $x_{,}$, l'équation

$$z = \frac{(x_{,,} - x)(x_{,} - x)}{x_{,} x_{,,}} z_{,} + \frac{x}{x_{,,} - x_{,}} \left[\frac{x_{,,} - x}{x_{,}} z_{,,} - \frac{x_{,} - x}{x_{,,}} z_{,,,} \right].$$

Après cette préparation, les deux suites de valeurs de z et de x peuvent être représentées par

$$0, x_{,}, 2x_{,}, 3x_{,}, \ldots\ldots nx_{,}, (n+1)\,x_{,} \ldots\ldots (2n-1)\,x_{,};$$
$$z_{\circ}, z_{,}, z_{,,}, z_{,,,}, \ldots\ldots z_{(n)}, z_{(n+1)}, \ldots\ldots\ldots z_{(2n-1)};$$

et dans le cas où le nombre des observations sera pair, on aura, pour satisfaire aux $2n$ résultats, l'équation

$$z = \mu_{,}\,\rho_{,}^{x} + \mu_{,,}\,\rho_{,,}^{x} + \ldots\ldots + \mu_{(n)}\,\rho_{(n)}^{x}. \qquad (1)$$

Cette équation représente, comme on l'a déja dit, le terme général d'une série récurrente de l'ordre n, et l'esprit de la méthode consiste à mettre la série des z donnée par l'observation sous la forme d'une série récurrente de cet ordre, en introduisant des coefficients indéterminés dont on détermine les valeurs, de maniere à remplir cet objet, et qui forment l'échelle de relation. Cette idée conduit à poser les n équations suivantes,

$$\begin{aligned}
&A_{\circ}\,z_{\circ} + A_{,}\,z_{,} + A_{,,}\,z_{,,} + \ldots\ldots\ldots + A_{(n)}\,z_{(n)} = 0,\\
&A_{\circ}\,z_{,} + A_{,}\,z_{,,} + A_{,,}\,z_{,,,} + \ldots\ldots\ldots + A_{(n)}\,z_{(n+1)} = 0,\\
&A_{\circ}\,z_{,,} + A_{,}\,z_{,,,} + A_{,,}\,z_{1v} + \ldots\ldots\ldots + A_{(n)}\,z_{(n+2)} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&A_{\circ}\,z_{(n-1)} + A_{,}\,z_{(n)} + A_{,,}\,z_{(n+1)} + \ldots\ldots + A_{(n)}\,z_{(2n-1)} = 0,
\end{aligned}$$

qui donneront par l'élimination les n rapports $\frac{A_{\circ}}{A_{(n)}}, \frac{A_{,}}{A_{(n)}}, \frac{A_{,,}}{A_{(n)}}, \ldots$ $\frac{A_{(n-1)}}{A_{(n)}}$, qui composent l'échelle de relation de la série. On aura pour $n = 1$,

$$\frac{A_{\circ}}{A_{,}} = -\frac{z_{,}}{z_{\circ}};$$

pour $n = 2$,

$$\frac{A_{\circ}}{A_{,,}} = \frac{z_{,}\,z_{,,,} - z_{,,}\,z_{,,}}{z_{\circ}\,z_{,,} - z_{,}\,z_{,}}, \quad \frac{A_{,}}{A_{,,}} = \frac{z_{,}\,z_{,,} - z_{\circ}\,z_{,,,}}{z_{\circ}\,z_{,,} - z_{,}\,z_{,}};$$

et ainsi de suite.

Pour faire voir maintenant comment on parvient à déterminer les constantes dans l'équation (1), il suffira de reprendre la méthode générale pour l'intégration des équations de la forme

$$A_{,} z_{(x)} + A_{,} z_{(x+1)} + A_{,,} z_{(x+2)} + \ldots\ldots + A_{(n)} z_{(x+n)} = 0.$$

Cette méthode consiste à substituer dans les divers termes de cette équation, aux z affectés d'un accent, une quantité α élevée à une puissance dont le degré est marqué par l'accent de z. Elle devient alors divisible par α^x, x disparaît, et l'on a pour l'*équation de relation* :

$$A_{,} + A_{,} \alpha + A_{,,} \alpha^2 + \ldots\ldots + A_{(n)} \alpha^n = 0.$$

Cette équation étant résolue par rapport à α donnera n valeurs que nous représenterons par $\rho_{,}, \rho_{,,}, \rho_{,,,}, \ldots\ldots \rho_{(n)}$: on aura donc $z_{(x)} = \rho_{,}^{x} = \rho_{,,}^{x} = \rho_{,,,}^{x} =$ etc., $z_{(x+1)} = \rho_{,}^{x+1} = \rho_{,,}^{x+1} = \rho_{,,,}^{x+1} =$ etc., et ainsi de suite. Chacune de ces valeurs donnerait une des intégrales cherchées; mais il est évident qu'elles doivent toutes entrer dans l'intégrale complette, qui doit aussi contenir un nombre n de constantes arbitraires. En effet, on a nécessairement les n équations :

$$\begin{aligned}
&A_{,} \rho_{,}^{x} + A_{,} \rho_{,}^{x+1} + A_{,,} \rho_{,}^{x+2} + \ldots\ldots + A_{(n)} \rho_{,}^{x+n} = 0,\\
&A_{,} \rho_{,,}^{x} + A_{,} \rho_{,,}^{x+1} + A_{,,} \rho_{,,}^{x+2} + \ldots\ldots + A_{(n)} \rho_{,,}^{x+n} = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&A_{,} \rho_{(n)} + A_{,} \rho_{(n)}^{x+1} + A_{,,} \rho_{(n)}^{x+2} + \ldots\ldots + A_{(n)} \rho_{(n)}^{x+n} = 0;
\end{aligned}$$

ces équations subsisteront encore en les multipliant respectivement par des coefficients constants $\mu_{,}$, $\mu_{,}$, $\mu_{,,}$, ... et en les ajoutant après cette opération, elles donneront

$$\left.\begin{aligned}
&A_{,} (\mu_{,} \rho_{,}^{x} + \mu_{,,} \rho_{,,}^{x} + \mu_{,,,} \rho_{,,,}^{x} + \ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x})\\
&+ A_{,} (\mu_{,} \rho_{,}^{x+1} + \mu_{,,} \rho_{,,}^{x+1} + \mu_{,,,} \rho_{,,,}^{x+1} + \ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x+1})\\
&+ A_{,,} (\mu_{,} \rho_{,}^{x+2} + \mu_{,,} \rho_{,,}^{x+2} + \mu_{,,,} \rho_{,,,}^{x+2} + \ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x+2})\\
&+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&+ A_{(n)} (\mu_{,} \rho_{,}^{x+n} + \mu_{,,} \rho_{,,}^{x+n} + \mu_{,,,} \rho_{,,,}^{x+n} + \ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x+n})
\end{aligned}\right\} = 0.$$

En comparant cette équation avec l'équation

$$A_0 z_{(x)} + A_1 z_{(x+1)} + A_{11} z_{(x+2)} + \ldots\ldots + A_{(n)} z_{(x+n)} = 0,$$

et égalant les termes multipliés par les mêmes coefficients, on aura

$$\begin{aligned}
z_{(x)} &= \mu_1 \rho_1^x + \mu_{11} \rho_{11}^x + \mu_{111} \rho_{111}^x + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^x,\\
z_{(x+1)} &= \mu_1 \rho_1^{x+1} + \mu_{11} \rho_{11}^{x+1} + \mu_{111} \rho_{111}^{x+1} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x+1},\\
&\text{etc.} \qquad \text{etc.}\\
z_{(x+n)} &= \mu_1 \rho_1^{x+n} + \mu_{11} \rho_{11}^{x+n} + \mu_{111} \rho_{111}^{x+n} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x+n},
\end{aligned}$$

et l'on voit, par l'une quelconque de ces équations, qui renferme toutes les autres, que le terme $z_{(x)}$ est donné par la somme des puissances x des n racines de l'équation de relation, multipliées chacune par une constante arbitraire. Il ne reste plus maintenant qu'à déterminer les valeurs de ces constantes : on y parviendra par le moyen des équations suivantes :

$$\begin{aligned}
z_0 &= \mu_1 + \mu_{11} + \mu_{111} + \ldots\ldots + \mu_{(n)}\\
z_1 &= \mu_1 \rho_1^{x_1} + \mu_{11} \rho_{11}^{x_1} + \mu_{111} \rho_{111}^{x_1} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{x_1}\\
z_{11} &= \mu_1 \rho_1^{2x_1} + \mu_{11} \rho_{11}^{2x_1} + \mu_{111} \rho_{111}^{2x_1} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{2x_1}\\
&\text{etc.} \qquad \text{etc.}\\
z_{(n)} &= \mu_1 \rho_1^{nx_1} + \mu_{11} \rho_{11}^{nx_1} + \mu_{111} \rho_{111}^{nx_1} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} \rho_{(n)}^{nx_1}
\end{aligned}$$

et l'élimination donnera pour $n = 1$

$$\mu_1 = z_0;$$

pour $n = 2$

$$\mu_1 = \frac{z_1 - \rho_{11}^{x_1} z_0}{\rho_1^{x_1} - \rho_{11}^{x_1}}, \quad \mu_{11} = \frac{z_1 - \rho_1^{x_1} z_0}{\rho_{11}^{x_1} - \rho_1^{x_1}};$$

et ainsi de suite.

Les valeurs de $\rho_1, \rho_{11}, \rho_{111}, \ldots$ et $\mu_1, \mu_{11}, \mu_{111}, \ldots$ étant ainsi déterminées, on les substituera dans l'équation (1), qui se trouvera alors disposée pour satisfaire aux observations.

Dans le cas où le nombre des observations est impair, on prend pour remplir le même objet l'équation

$$z = \mu_{,}\,\rho_{,}^{x} + \mu_{,,}\,\rho_{,,}^{x} + \ldots\ldots + \mu_{(n)}\,\rho_{(n)}^{x} + \mu_{(n+1)} \qquad (2)$$

qui ne differe de l'équation (1) que par l'addition du terme constant $\mu_{(n+1)}$: ainsi la série récurrente, dont elle donnera le terme général, ne pourra différer de celle que l'on a obtenue précédemment qu'en ce que chaque terme se trouvera augmenté de la quantité $\mu_{(n+1)}$. En retranchant donc cette quantité de chacun des termes de la premiere, on trouvera la seconde. On a par conséquent les équations

$$\begin{aligned}
&A_{,}(z_{,} - \mu_{(n+1)}) + A_{,}(z_{,,} - \mu_{(n+1)}) + \ldots + A_{(n)}(z_{(n)} - \mu_{(n+1)}) = 0,\\
&A_{,}(z_{,,} - \mu_{(n+1)}) + A_{,}(z_{,,,} - \mu_{(n+1)}) + \ldots + A_{(n)}(z_{(n+1)} - \mu_{(n+1)}) = 0,\\
&A_{,}(z_{,,,} - \mu_{(n+1)}) + A_{,}(z_{,,,,} - \mu_{(n+1)}) + \ldots + A_{(n)}(z_{(n+2)} - \mu_{(n+1)}) = 0,\\
&\text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \text{etc.}\\
&A_{,}(z_{(n)} - \mu_{(n+1)}) + A_{,}(z_{(n+1)} - \mu_{(n+1)}) + \ldots + A_{(n)}(z_{(2n)} - \mu_{(n+1)}) = 0;
\end{aligned}$$

en les retranchant l'une de l'autre $\mu_{(n+1)}$ s'éliminera, elles deviendront

$$\begin{aligned}
&A_{,}\,\Delta z_{,} + A_{,}\,\Delta z_{,,} + A_{,,}\,\Delta z_{,,,} + \ldots\ldots + A_{(n)}\,\Delta z_{(n)} = 0,\\
&A_{,}\,\Delta z_{,,} + A_{,}\,\Delta z_{,,,} + A_{,,}\,\Delta z_{,,,,} + \ldots\ldots + A_{(n)}\,\Delta z_{(n+1)} = 0,\\
&A_{,}\,\Delta z_{,,,} + A_{,}\,\Delta z_{,,,,} + A_{,,}\,\Delta z_{,,,,,} + \ldots\ldots + A_{(n)}\,\Delta z_{(n+2)} = 0,\\
&\text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \text{etc.}\\
&A_{,}\,\Delta z_{(n-1)} + A_{,}\,\Delta z_{(n)} + A_{,,}\,\Delta z_{(n+1)} + \ldots\ldots + A_{(n)}\,\Delta z_{(2n-1)} = 0,
\end{aligned}$$

et donneront par l'élimination, pour $n = 1$,

$$\frac{A_{,}}{A_{,}} = -\frac{\Delta z_{,}}{\Delta z_{,}};$$

pour $n = 2$,

$$\frac{A_{,}}{A_{,,}} = \frac{\Delta z_{,}\,\Delta z_{,,,} - \Delta z_{,,}\,\Delta z_{,,}}{\Delta z_{,}\,\Delta z_{,,} - \Delta z_{,}\,\Delta z_{,}}, \quad \frac{A_{,}}{A_{,,}} = \frac{\Delta z_{,}\,\Delta z_{,,} - \Delta z_{,}\,\Delta z_{,,,}}{\Delta z_{,}\,\Delta z_{,,} - \Delta z_{,}\,\Delta z_{,}};$$

et ainsi de suite.

On résoudra ensuite l'équation de relation

$$A_o + A_{,} \alpha + A_{,,} \alpha^2 + \ldots\ldots + A_{(n)} \alpha^n = 0,$$

ce qui donnera les valeurs de $\rho_{,}^{x_i}$, $\rho_{,,}^{x_i}$, $\rho_{,,,}^{x_i}$, ... celles de $\mu_{,}$, $\mu_{,,}$, $\mu_{,,,}$, ... s'obtiendront comme ci-dessus par le moyen de l'élimination dans les équations

$$\begin{aligned}
z_o &= \mu_{,} + \mu_{,,} + \mu_{,,,} + \ldots\ldots + \mu_{(n)} + \mu_{(n+1)},\\
z_{,} &= \mu_{,}\rho_{,}^{x_i} + \mu_{,,}\rho_{,,}^{x_i} + \mu_{,,,}\rho_{,,,}^{x_i} + \ldots\ldots + \mu_{(n)}\rho_{(n)}^{x_i} + \mu_{(n+1)},\\
&\text{etc.} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \text{etc.}\\
z_{(n)} &= \mu_{,}\rho_{,}^{nx_i} + \mu_{,,}\rho_{,,}^{nx_i} + \mu_{,,,}\rho_{,,,}^{nx_i} + \ldots\ldots + \mu_{(n)}\rho_{(n)}^{nx_i} + \mu_{(n+1)}:
\end{aligned}$$

on trouvera, en général,

$$\mu_{(n+1)} = z_o - (\mu_{,} + \mu_{,,} + \mu_{,,,} + \ldots\ldots \mu_{(n)})$$

et, pour $n = 1$,

$$\mu_{,} = \frac{z_{,} - z_o}{\rho_{,}^{x_i} - 1}, \quad \mu_{,,} = z_o - \mu;$$

pour $n = 2$,

$$\mu_{,} = \frac{z_{,,} - (\rho_{,}^{x_i} + 1)\, z_{,} + \rho_{,,}^{x_i} z_o}{(\rho_{,}^{x_i} - \rho_{,,}^{x_i})(\rho_{,}^{x_i} - 1)},$$

$$\mu_{,,} = \frac{z_{,,} - (\rho_{,}^{x_i} + 1)\, z_{,} + \rho_{,}^{x_i} z_o}{(\rho_{,,}^{x_i} - \rho_{,}^{x_i})(\rho_{,,}^{x_i} - 1)},$$

$$\mu_{,,,} = z_o - (\mu_{,} + \mu_{,,});$$

et ainsi de suite. Toutes les valeurs des constantes qui entrent dans l'équation (2) étant alors connues, on les substituera dans cette équation, qui se trouvera alors disposée de maniere à satisfaire aux observations.

M. de Prony emploie ici deux équations différentes lorsque n est pair, et lorsqu'il est impair, en introduisant dans ce dernier cas un terme constant dans la valeur de z. La même équation pourrait cependant être employée dans les deux cas, mais en adoptant son procédé

on a l'avantage de ne pas faire monter l'équation de relation que l'on doit résoudre à un degré plus haut pour un nombre impair d'observations que pour le nombre pair immédiatement inférieur.

Cette méthode a été appliquée de la maniere la plus satisfaisante à la loi de la dilatabilité des gaz ; elle a fourni les moyens de discuter les expériences, de reconnaître et même d'évaluer les légeres erreurs qui avaient pu s'y glisser. On ne peut entrer ici dans ces détails, qu'il faut chercher dans l'ouvrage même, où ils sont traités avec la parfaite sagacité que l'on retrouve dans toutes les productions de M. de Prony.

§ III.

Méthodes d'interpolation de M. de la Place, dans lesquelles la relation entre les variables est donnée par une équation à la ligne droite.

On adoptera, pour l'exposition de ces méthodes, la marche que M. de Prony a suivie ; c'est-à-dire, que l'on emploiera les procédés graphiques pour discerner parmi les observations celles qui remplissent certaines conditions, ce qui n'empêche point qu'on ne se serve exclusivement du calcul, pour la détermination des constantes.

On suppose que la loi analitique qui lie les résultats des expériences a été ramenée à la forme

$$Z = \alpha + 6\,X,$$

Z et X étant des fonctions d'une ou de plusieurs variables dont on connaît un certain nombre de valeurs données immédiatement ou déduites des observations par le calcul ; et α et 6 étant des constantes dont il s'agit de déterminer les valeurs.

Supposons que les valeurs de Z et X soient représentées par les deux suites

$$X', X'', X''', \ldots\ldots,$$
$$Z', Z'', Z''', \ldots\ldots,$$

et qu'après les avoir exprimées en parties d'une même échelle on les

ait rapportées à deux axes rectangulaires AX et AZ (Pl. X, fig. 1) : elles donneront une suite de points M′, M″, M‴, ... et il s'agit de trouver parmi toutes les lignes droites représentées par l'équation

$$Z = \alpha + \beta X,$$

et qui doivent remplacer, pour représenter les expériences, la ligne brisée M′M″M‴M^{IV}.... celle qui les représentera de la maniere la plus exacte. Mais on peut assujétir cette ligne droite à diverses conditions qui donneront lieu à des méthodes différentes : on peut demander, 1° que la plus grande anomalie soit un *minimum ;* 2° que la somme des anomalies positives soit égale à celle des anomalies négatives, et qu'en même temps cette somme soit un *mininum.*

PREMIERE MÉTHODE.

Supposons que l'on ait enveloppé le systême de points M′, M″, M‴, M^{IV}, ... par un polygone dont tous les angles, situés à quelques-uns de ces points, soient saillants. En considérant successivement tous les côtés de ce polygone, on reconnaîtra que le côté M‴M^{VI} est tellement situé, que si, après l'avoir prolongé indéfiniment, on lui mene, par l'un des angles qui lui sont opposés, une parallele M^{IV}B, qui ne rencontre le polygone qu'au seul point M^{IV}, la distance M^{IV}C ou BM^{VI} prise parallèlement à l'axe AZ entre cette parallele et le côté M‴M^{VI} sera plus petite que pour tout autre côté du polygone. Il sera toujours très-facile de distinguer le côté qui jouit de cette propriété de *minimum ;* et il est évident d'ailleurs que si la couple de paralleles menée par ce côté et par l'un des sommets d'angle qui lui sont opposés, comprend la plus petite distance prise parallèlement aux Z, elle la comprendra à plus forte raison par rapport à toute autre couple de paralleles menées par deux sommets d'angle situés à deux limites opposées du polygone. En effet, supposons que M^{IV}B′ et M^{IV}C′ représentent deux lignes de cette espece : on peut les faire tourner autour des points M^{IV} et M^{VI}, de maniere à ce qu'elles restent paralleles entre elles, et à ce que leur distance, prise parallèleement aux Z,

diminue; mais on voit que par ce mouvement elles parviendront à se confondre avec les lignes $M'''M^{v}$ et $M^{iv}B$, sans que cette distance ait cessé de diminuer.

Le côté $M'''M^{v}$ ayant été reconnu et déterminé de cette maniere, il est facile de voir que la ligne DE, menée parallèlement à ce côté à égale distance des deux lignes $M'''M^{v}$ et $M^{iv}B$, est la droite cherchée. Cette proposition n'a pas besoin d'être démontrée pour une autre ligne menée à l'extérieur du polygone $M'M''M^{iv}\ldots\ldots$: à l'égard d'une ligne qui passerait dans l'intérieur du polygone, telle que D'E', concevons qu'on lui ait mené les deux paralleles $M^{iv}B'$ et $M^{v}C'$, qui n'ont d'autre point commun avec le polygone qu'un sommet d'angle (ces lignes pourraient également avoir le avec polygone un côté de commun); les anomalies correspondantes aux points M^{iv} et M^{v} seront représentées par $M^{iv}D'$ et $M^{v}E'$, et leur somme sera égale à $M^{iv}C'$; on a donc $M^{iv}D'+M^{v}E'>2M^{iv}D$, et il faut par conséquent qu'au moins l'une des deux erreurs soit plus grande que l'erreur $M^{iv}D$.

La ligne DE étant ainsi tracée, il ne reste plus qu'à déterminer dans son équation qui est

$$Z=\alpha+\epsilon X$$

les valeurs des constantes α et ϵ. On a d'abord évidemment

$$\epsilon=\frac{P^{v}M^{v}-P'''M'''}{AP^{v}-AP'''};$$

quand à celle de α, on déduit des égalités

$$AF=P'''M'''-\epsilon.AP'''$$
$$AG=P^{iv}M^{iv}-\epsilon.AP^{iv}$$
$$\alpha=\tfrac{1}{2}\left[P^{iv}M^{iv}+P'''M'''-\epsilon\left(AP^{iv}+AP'''\right)\right].$$

SECONDE MÉTHODE.

Supposons que les deux suites de valeurs données par les observations ayant été rapportées aux axes rectangulaires AX, AZ, (Pl. X,

fig. 2), ont donné la suite de points $M', M'', M''', \ldots$. Le centre de gravité de tous ces points, considérés comme des points matériels d'égale pesanteur, sera placé au point A', et les valeurs de ses coordonnées seront

$$AB = \frac{AP' + AP'' + AP''' + AP^{IV} + AP^{V} + AP^{VI}}{6},$$

$$A'B = \frac{P'M' + P''M'' + P'''M''' + P^{IV}M^{IV} + P^{V}M^{V} + P^{VI}M^{VI}}{6};$$

or, en vertu des propriétés connues du centre de gravité, la somme des erreurs positives sera égale à celle des erreurs négatives relativement à toute ligne passant par le point A'. La ligne cherchée doit donc y passer, et il ne s'agit plus maintenant que de déterminer sa direction par la condition que la somme totale des anomalies, prises positivement, soit un *minimum*.

Transportons l'origine des coordonnées au point A', et rapportons les points $M', M'', M''', \ldots$ à de nouveaux axes $A'\xi$ et $A'\zeta$ qui passent par ce point et qui sont parallèles aux premiers; menons du point A' aux points donnés une suite de lignes $A'M', A'M'', A'M''', \ldots$; ces lignes, prolongées, si cela est nécessaire, viendront couper en divers points $t', t'', t''', \ldots$ une ligne menée par le point C parallèlement à l'axe $A\zeta$, et les portions de cette ligne comprises entre le point C et les points $t', t'', t''', \ldots$ représenteront respectivement les tangentes trigonométriques des angles que forment avec l'axe des ξ les lignes $A't', A't'', A't''', \ldots$

Si on range ces tangentes dans leur ordre de grandeur, en regardant celles qui sont situées au-dessous de l'axe $A\xi$ comme décroissantes depuis zéro jusqu'à l'infini négatif, on formera la suite

$$Ct''', Ct', Ct^{V}, Ct^{VII}, Ct^{VI}, Ct'', Ct^{IV};$$

et si on représente par Σ la somme des abcisses des points donnés, abstraction faite de leurs signes, on aura, en les écrivant dans un ordre correspondant,

$$A'q''' + A'q' + A'q^{V} + A'q^{VII} + A'q^{VI} + A'q'' + A'q^{IV} = \Sigma.$$

Il est facile de remarquer que les valeurs de ces abcisses sont telles, que l'on a

$$A'q''' + A'q' + A'q^{v} + A'q^{vii} > \tfrac{1}{2}\Sigma,$$
$$A'q''' + A'q' + A'q^{v} < \tfrac{1}{2}\Sigma,$$

et il suit de-là que la ligne $A'M^{iii}$, passant par le point auquel corres-l'abcisse $A'q^{iii}$, est la ligne cherchée.

Pour le faire voir, représentons pour abréger par t', t'', t''', ... les tangentes trigonométriques des angles formés avec l'axe $A\xi$ par les lignes $A'M'$, $A'M''$, $A'M'''$, ...: la somme des anomalies correspondantes aux tangentes plus grandes que t^{iii}, aura pour expression

$$A'q'''(t'''-t^{iii}) + A'q'(t'-t^{vi}) + A'q^{v}(t^{v}-t^{vii});$$

celle des anomalies correspondantes aux tangentes plus petites que t^{vii} sera représentée par

$$A'q^{vi}(t^{vii}-t^{vi}) + A'q''(t^{vii}-t'') + A'q^{iv}(t^{vii}-t^{iv}).$$

Admettons d'abord que l'on ait mené, par le point A', une ligne quelconque dont la direction soit contenue entre celle des lignes $A'M^{vii}$ et $A'M^{vi}$, et représentons par t la tangente trigonométrique de l'angle que cette nouvelle ligne fait avec l'axe $A\xi$; la somme des anomalies correspondantes aux tangentes plus grandes que t^{vii} augmentera, en les prenant par rapport à cette nouvelle ligne, de la quantité

$$(A'q''' + A'q' + A'q^{v} + A'q^{vii})(t^{vii}-t);$$

tandis que celle des anomalies correspondantes aux tangentes plus petites que t^{vii} diminuera de la quantité

$$(A'q^{vi} + A'q'' + A'q^{iv})(t^{vii}-t);$$

et la valeur de la premiere de ces deux expressions est plus grande que celle de la seconde. Ce résultat aura lieu à plus forte raison si la ligne est menée entre la ligne $A't^{vi}$ et la ligne $A't''$: dans ce cas la somme des accroissements des anomalies est

$$(A'q''' + A'q' + A'q^{v} + A'q^{vii})(t^{vii}-t) + A'q^{vi}(t^{vi}-t),$$

et celle des diminutions

$$(A'q'' + A'q^{IV})(t''' - t);$$

or, la premiere somme est nécessairement plus grande que la seconde, puisque le terme $A'q^{VI}(t^{VI} - t)$ est positif. Si la ligne était menée au-delà de la ligne At'', il est aisé de voir que la somme des erreurs augmenterait encore davantage.

Supposons maintenant la nouvelle ligne tracée entre les lignes $A't^{VII}$ et $A't^{V}$: la somme des anomalies correspondantes aux tangentes plus grandes que t^{VII} diminuera de la quantité

$$(A'q''' + A'q' + A'q^{V})(t - t^{VII}),$$

celle des erreurs correspondantes aux tangentes plus petites que t^{VII}, augmentera de la quantité

$$(A'q^{VII} + A'q^{VI} + A'q'' + A'q^{IV})(t - t^{VII});$$

l'augmentation est donc encore ici plus grande que la diminution. On démontrerait, comme pour le cas précédent, que si la ligne était menée au-delà de la ligne $A't^{V}$, l'accroissement de la somme des anomalies serait encore plus considérable. La ligne $A't^{VII}$ est donc réellement celle qui résout le problême.

Il sera très-facile de trouver les constantes qui entrent dans son équation. En effet, on a sur-le-champ

$$6 = \frac{M^{VII} q^{VII}}{A' q^{VII}}, \quad \alpha = P^{VII} M^{VII} - 6.AP^{VII}.$$

On a exposé les deux méthodes précédentes, en appliquant les raisonnements à des figures qui offraient un nombre déterminé d'observations, parce qu'on a pensé qu'elles seraient plus faciles à saisir pour une partie des lecteurs. Nous allons récapituler d'une maniere générale, et en supposant un nombre quelconque de valeurs correspondantes des variables, les résultats auxquels elles ont conduit.

PREMIERE MÉTHODE.

Les observations ayant été rapportées à des axes rectangulaires, et les sommets des ordonnées ayant été enveloppés par un polygone dont tous les angles sont saillants, il y aura un côté tel qu'en lui menant une parallele par un des angles qui lui sont opposés, qui ne rencontre le polygone qu'en ce seul angle, la distance entre le côté et sa parallele, prise parallèlement aux Z, sera un *minimum*. En appelant X' et Z', X''' et Z''', les coordonnées des points extrêmes du côté qui jouit de cette propriété; X'' et Z'' les coordonnées du point par lequel passe sa parallele, on aura, l'équation de la ligne cherchée étant

$$Z = \alpha + \mathcal{C} X,$$

$$\mathcal{C} = \frac{Z''' - Z'}{X''' - X'}, \quad \alpha = \tfrac{1}{2}\left[Z' + Z'' - \mathcal{C}(X' - X'')\right]$$

SECONDE MÉTHODE.

Les observations ayant été rapportées aux axes des X et des Z, on cherchera le centre de gravité des points donnés considérés comme des points matériels d'égale pesanteur (1) : les valeurs de ses coordonnées seront

$$A = \frac{X' + X'' + X''' + \ldots\ldots + X^{(n)}}{n},$$

$$B = \frac{Z' + Z'' + Z''' + \ldots\ldots + Z^{(n)}}{n};$$

on considerera ce point comme l'origine d'un nouveau système de coordonnées paralleles aux premieres, et rapportées aux axes des ξ et des ζ.

On menera de l'origine des ξ à chacun des points donnés des lignes

(1) Si les extrémités des ordonnées Z', Z'', Z''', ... n'étaient pas considérées comme des points matériels d'égale pesanteur, en appelant μ', μ'', μ''', ... les poids de cha-

droites. Ces lignes formeront avec l'axe des ξ des angles qui seront comptés à partir de cet axe, le premier quart de cercle positif étant supposé dans l'angle des ξ et des ζ positifs. On rangera ces angles dans l'ordre de grandeur de leurs tangentes, en regardant les tangentes négatives comme décroissantes depuis zéro jusqu'à l'infini négatif : et si l'on représente par ξ' l'abcisse correspondante au point qui a donné la plus grande tangente, par ξ'' celle qui correspond au point qui a donné la tangente immédiatement inférieure, et ainsi de suite, on formera la série

$$\xi', \xi'', \xi''', \ldots\ldots \xi^{(n-1)}, \xi^{(n)}, \xi^{(n+1)}, \ldots\ldots$$

Supposons que la somme totale de ces abcisses égale Σ, et qu'on ait

$$\xi' + \xi'' + \xi''' + \ldots\ldots + \xi^{(n-1)} < \tfrac{1}{2}\,\Sigma,$$
$$\xi' + \xi'' + \xi''' + \ldots\ldots + \xi^{(n-1)} + \xi^{(n)} > \tfrac{1}{2}\,\Sigma,$$

on trouvera alors

$$\mathcal{C} = \frac{\zeta^{(n)}}{\xi^{(n)}}, \quad \alpha = Z^{(n)} - \mathcal{C}\,X^{(n)}.$$

cun des points, on aurait pour l'expression des coordonnés du centre de gravité

$$A = \frac{\mu' X' + \mu'' X'' + \mu''' X''' + \ldots\ldots + \mu^{(n)} X^{(n)}}{\mu' + \mu'' + \mu''' + \ldots\ldots + \mu^{(n)}},$$

$$B = \frac{\mu' Z' + \mu'' Z'' + \mu''' Z''' + \ldots\ldots + \mu^{(n)} Z^{(n)}}{\mu' + \mu'' + \mu''' + \ldots\ldots + \mu^{(n)}}.$$

L'introduction des coefficients μ', μ'', μ''', ... donne les moyens de faire entrer en considération, dans les applications de cette méthode, les divers degrés de certitude et de confiance que l'on croit devoir accorder à chaque observation, et qui seraient représentés par les valeurs de ces coefficients. On sent que leur évaluation numérique, qui peut s'effectuer dans quelques cas, serait, en général, fort arbitraire. Dans l'application que M. de la Place a faite de cette méthode à l'ellipse qui doit donner la figure de la terre, en s'accordant le mieux avec les valeurs des degrès du méridien mesurés à diverses latitudes, les coëfficients représentent les longueurs des arcs qui ont été mesurés, et dont on a conclu les valeurs des degrés correspondants : de cette maniere, on donne à chacun de ces degrés, comme cela doit être, d'autant plus d'influence sur l'ellipticité de la terre, que l'arc correspondant est plus considérable.

NOTE II.

Sur la maniere de parvenir à l'équation qui établit une relation entre la pente, la section et la vîtesse d'un courant d'eau.

On a pensé que les personnes à qui les derniers ouvrages d'hydrodynamique imprimés en France ne sont pas familiers, et qui ne sont point à même de consulter les excellents mémoires de M. de Prony, verraient avec intérêt une courte exposition des recherches qui ont été faites jusqu'à présent sur le sujet de cette note.

Quoique la question dont il s'agit soit une des plus essentielles parmi celles qui concernent l'architecture hydraulique, ce n'est que depuis peu de temps qu'elle a attiré l'attention des savants. Il ne paraît pas qu'avant 1769, époque à laquelle on fit les projets du canal qui devait amener à Paris les eaux de l'Yvette, personne eût jamais cherché à s'en rendre compte.

D'Alembert avait donné, dans son traité des fluides, une solution du problême de leur écoulement, considéré dans l'hypothese du parallélisme des tranches. M. de Prony a remarqué que cette solution, qui ne tenait point compte de la pression réciproque des tranches du fluide, était incomplette, et l'a rectifiée dans les leçons de mécanique qu'il a fait imprimer pour le cours de l'École Polytechnique, et dans les divers ouvrages qu'il a publiés depuis sur cette matiere. Cette solution ne laisse actuellement rien à desirer sous le rapport théorique, et les résultats auxquels elle conduit pour l'écoulement par un orifice horizontal, exigent seulement une correction relative à l'effet de la contraction de la veine fluide.

Mais lorsqu'on cherche à appliquer la formule au mouvement d'un fluide qui coule dans un canal auquel on a donné une certaine pente, on voit qu'elle indique, dans le mouvement de ce fluide, une accé-

lération semblable à celle qu'éprouvent tous les corps qui obéissent librement à l'action de la pesanteur. La nature cependant n'offre point de courant d'eau dans lequel le mouvement soit constamment accéléré, quand la pente et la section restent les mêmes ; et l'uniformité qui s'y établit bientôt tient évidemment à la résistance que l'eau éprouve de la part des parois de son lit. Il est donc nécessaire d'introduire dans la formule de nouveaux termes qui expriment cette résistance, et qui soient propres à lui faire représenter un mouvement uniforme.

Nous allons d'abord exposer, le plus simplement possible, la maniere de trouver la formule de l'écoulement des fluides, et nous rendrons compte ensuite des diverses modifications qui ont été proposées.

On suppose que le fluide, qui forme une masse continue, s'écoule dans un canal dont *abcd* (Fig. 4, Pl. X) représente la section longitudinale, et que l'eau qui se perd à l'extrémité inférieure *cd* est continuellement remplacée à l'extrémité supérieure *ab*. On ne considere le mouvement que dans une portion déterminée *ad* du lit, et on y regarde la masse fluide comme partagée en tranches infiniment minces par des plans normaux à la directrice du lit.

Nous établirons d'abord la notation suivante :

s Longueur indéterminée $a\alpha$ d'une partie du lit, comptée à partir de la tranche supérieure.

λ Longueur $a\alpha d$ de la partie entiere dans laquelle on considere le mouvement.

z Différence de niveau entre le centre de gravité de la tranche placée en ab et celui de la tranche placée en $\alpha\beta$.

ζ Différence de niveau entre les centres de gravité des deux tranches extrêmes placées en ab et en cd.

$\left.\begin{matrix} O \\ \omega \\ \Omega \end{matrix}\right\}$ Aires des sections transversales de la masse fluide $\left\{\begin{matrix} \text{en } ab. \\ \text{en } \alpha\beta. \\ \text{en } cd. \end{matrix}\right.$

χ Longueur de la portion du périmetre de la section ω, qui est en contact avec la paroi renfermant la masse fluide.

P, p, Π Pression moyenne rapportée à l'unité de surface sur la section placée en ab, en $\alpha\beta$, en cd.

v, U Vîtesse moyenne à la section ω, Ω.

R Rayon moyen $= \frac{\omega}{\chi}$.

I Pente par metre du lit, ou sinus de l'angle formé par sa directrice avec l'horizon.

g La force accélératrice de la pesanteur $= 9{,}8088$ metres.

t Le temps.

d Caractéristique pour les différentielles qui se rapportent aux variations du temps.

δ Caractéristique pour les variations de s, z, et ζ, qui sont indépendantes du temps, et qui ont seulement rapport aux changements de forme du systême.

La masse de chacune des tranches dont le fluide est composé sera représentée par $\omega\delta s$, et la force accélératrice dont elle est animée en vertu de la pesanteur, par $\frac{\delta z}{\delta s} g\omega\delta s$, ou $g\omega\delta z$. De plus, la face supérieure de cette tranche éprouve une pression représentée par $p\omega$, et la face inférieure, qui est $\omega+\delta\omega$, une autre pression représentée par $(p+\delta p)\,(\omega+\delta\omega)$, ou $p\,(\omega+\delta\omega)+\delta p\,(\omega+\delta\omega)$. Les deux pressions $p\omega$ et $p\,(\omega+\delta\omega)$ qui sont normales et proportionnelles aux surfaces sur lesquelles elles agissent, se font réciproquement équilibre, en vertu de la nature des fluides, et la différence de pression sur les deux faces se réduit à $\omega\delta p$, en négligeant les différentielles du second ordre. Ainsi, la force accélératrice de la tranche est représentée par

$$g\omega\delta z - \omega\delta p,$$

et l'équation de son mouvement est

$$\frac{dv}{dt}\omega\delta s = g\omega\delta z - \omega\delta p; \qquad (1)$$

d'où on déduit

$$\delta p = g\delta z - \delta s\frac{dv}{dt}$$

Il faut observer que, dans cette équation, la force accélératrice $\frac{dv}{dt}$ ne peut convenir en général qu'au point du système que l'on considere, ou à la tranche située à l'extrémité de s, où la pression est représentée par p. Pour pouvoir intégrer par rapport à δ, il faut donc faire subir à $\frac{dv}{dt}$ une transformation convenable, au moyen de l'équation $\omega v = \Omega U$, qui a lieu pour tous les points de la masse fluide, en vertu de la continuité du mouvement et de l'homogénéité. Elle donne, après la différentiation,

$$\delta s\frac{dv}{dt} = \Omega\frac{dU}{dt}\frac{\delta s}{\omega} - \Omega U\frac{\omega d\omega}{\omega^3 dt.}\delta s,$$

et cette valeur étant substituée dans l'équation précédente, elle deviendra

$$\delta p = g\delta z - \Omega\frac{dU}{dt}\frac{\delta s}{\omega} + \Omega U\frac{\omega d\omega}{\omega^3 dt}\delta s.$$

Cette équation étant vraie, quelle que soit la valeur particuliere de δz, nous admettrons, avant d'effectuer l'intégration, que l'on a $\delta z = dz$, ce qui revient à supposer la différentielle $\omega\delta z$ constante dans toute l'étendue du système, ou à regarder la masse fluide comme partagée en tranches dont les masses sont toutes égales. Alors on a la relation $\omega\delta s = \Omega U dt$, et l'équation précédente se change en

$$\delta p = g\delta z - \Omega\frac{dU}{dt}\frac{\delta s}{\omega} + \Omega^2 U^2\frac{d\omega}{\omega^3},$$

et donne, en intégrant par rapport à δ,

$$p = gz - \Omega \frac{dU}{dt} \int \frac{\delta s}{\omega} - \frac{\Omega^2 U^2}{2\omega^2} + C,$$

l'intégrale $\int \frac{\delta s}{\omega}$ étant prise depuis la tranche supérieure jusqu'à celle où on veut connaître la valeur de p, et C représentant la constante introduite par l'intégration.

Cette valeur de p devient, pour la tranche supérieure de la masse fluide,

$$P = -\tfrac{1}{2} \frac{\Omega^2 U^2}{O^2} + C,$$

et pour la tranche inférieure,

$$\Pi = g\zeta - \Omega \frac{dU}{dt} \Gamma - \tfrac{1}{2} U^2 + C,$$

Γ représentant la valeur de l'intégrale $\int \frac{\delta s}{\omega}$ prise dans toute l'étendue de la masse fluide ; et en retranchant ces deux équations l'une de l'autre, on a

$$\Gamma\Omega \frac{dU}{dt} + \tfrac{1}{2}\left(1 - \frac{\Omega^2}{O^2}\right) U^2 - g\zeta - (P - \Pi) = 0,$$

équation qui donnera le rapport entre la vîtesse moyenne du fluide à une section déterminée Ω et le temps de l'écoulement.

Nous supposerons maintenant que, dans la partie du courant où on considere le mouvement, la section est constante de forme et de figure, la pente uniforme, et que les pressions extrêmes sont sensiblement égales entre elles : l'équation précédente se change alors en

$$\lambda \frac{dU}{dt} - g\zeta = 0, \qquad (2)$$

et on a, après l'intégration,

$$U = \frac{g\zeta}{\lambda} t + C.$$

On voit que cette relation appartient à un mouvement uniformément accéléré, puisque la valeur de la vîtesse est composée de deux termes dont l'un est constant, et dont l'autre croît avec le temps.

Cette conclusion, à laquelle l'équation (1) nous a conduits, ne s'accorde point avec les phénomenes qu'on observe dans la nature, et on devait s'y attendre, puisque l'analyse précédente ne tient aucun compte des effets du frottement de l'eau, et de son adhérence aux parois de son lit.

Il faut donc modifier cette équation de maniere à tenir compte de ces différentes circonstances, et on peut évidemment les considérer comme des forces retardatrices, proportionnelles à la longueur de la portion de lit dans laquelle on considere le mouvement, au périmetre de la section, et à une certaine fonction inconnue de la vîtesse, qu'on représentera par $\varphi(v)$.

L'équation (1) deviendra alors

$$\omega\delta s\frac{dv}{dt}=g\omega\delta z-\omega\delta p-\chi\delta s\varphi(v). \qquad (3)$$

En répétant sur cette derniere équation les opérations qui ont été faites sur l'équation (1), on arrivera à une équation analogue à l'équation (2) qui sera

$$\lambda\frac{dU}{dt}+\frac{\lambda\chi}{\omega}\varphi(U)-g\zeta=0. \qquad (4)$$

Lorsque Chezy, à qui l'on doit les premieres recherches qu'on ait faites sur ce sujet, voulut appliquer les considérations précédentes à la détermination des dimensions du canal de l'Yvette, il supposa que la résistance due à la paroi était proportionnelle au carré de la vîtesse, loi qui paraît avoir lieu pour des résistances d'une autre nature. La formule à laquelle cette supposition le conduisit se déduit de l'équation (4) en y faisant $\varphi(U)=6U^2$, et supposant la vîtesse constante, ou $\frac{dU}{dt}=0$; elle donne alors

$$U=\sqrt{\frac{g\omega\zeta}{6\lambda\chi}},$$

et il suffisait de déterminer la valeur de 6 par une seule expérience. On a reconnu depuis que cette expression était loin de pouvoir fournir des résultats suffisamment exacts pour la pratique, et qu'elle avait conduit son auteur à donner des dimensions un peu trop fortes à l'aqueduc qu'il projetait (1).

Aidé des expériences qui avaient été faites sur le mouvement des fluides, et de celles qu'il fit lui-même, M. Dubuat fut conduit à des résultats plus satisfaisants. Pour donner une idée de la marche qu'il a suivie, nous reprendrons l'équation

$$U=\frac{g\zeta}{\lambda}t+C,$$

qui est immédiatement donnée par la théorie, et qui se déduit de l'équation (2) par l'intégration.

Si on suppose que l'effet des forces retardatrices est proportionnel au quarré de la vîtesse, on pourra le représenter par $\frac{U^2}{m}$, m étant un coëfficient constant; et comme il est égal à la force accélératrice dont le fluide est animé, puisque le mouvement est uniforme, on aura

$$\frac{U^2}{m}=\frac{g\zeta}{\lambda}, \text{ ou } U\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}}=\sqrt{mg},$$

et si cette supposition est exacte, les valeurs de $\sqrt{mg}$ doivent être constantes pour un même lit. Mais comme l'expérience prouve qu'elles augmentent un peu avec la vîtesse, il faudra mettre dans l'équation précédente à la place de $\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}}$ une certaine fonction de cette quantité, qu'on représentera par X, et qu'on déterminera de la maniere que nous allons indiquer tout à l'heure. Elle deviendra alors

$$UX=\sqrt{mg}.$$

M. Dubuat ayant vérifié cette nouvelle expression par le moyen de

(1) Voyez Principes d'Hydraulique, tome I, page 321.

l'expérience, remarqua que les valeurs de $\sqrt{mg}$ étaient devenues sensiblement constantes pour des pentes et des vîtesses différentes, mais qu'elles variaient avec les lits et augmentaient avec le rayon moyen. L'expression ayant été modifiée d'après cette remarque, et comparée avec les observations, on a trouvé

$$UX = \frac{\sqrt{mg}}{\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} - 0{,}016453}.$$

Dans cette nouvelle équation, la valeur de UX peut être regardée comme constante, et on trouve pour celle de m,

$$m = 243{,}7\left(\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} - 0{,}016453\right).$$

On a donc pour l'expression de la vîtesse,

$$U = \frac{\sqrt{243{,}7 \cdot g}\left(\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} - 0{,}016453\right)}{X}.$$

Venons maintenant à la détermination de la fonction X. L'expérience seule peut donner des lumieres à cet égard. Elle apprend que, quand les vîtesses sont très-grandes, cette fonction est sensiblement proportionnelle à $\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}}$, mais qu'elle s'éloigne d'autant plus de cette quantité qu'elles sont plus petites; et en essayant la fonction

$$\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}} - L\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}}$$

qui remplit cette condition, et dans laquelle la caractéristique L indique un logarithme népérien, on remarque qu'elle représente avec beaucoup d'exactitude les résultats de l'expérience, à l'exception des cas où les pentes deviennent très-petites; cette derniere considération

indique une nouvelle correction, d'après laquelle on a définitivement

$$X = \sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}} - L\sqrt{\left(\frac{\lambda}{\zeta} + 1{,}6\right)};$$

ce qui donne pour la valeur de la vîtesse

$$U = \frac{\sqrt{243{,}7 \cdot g}\left(\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} - 0{,}016453\right)}{\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}} - L\sqrt{\left(\frac{\lambda}{\zeta} + 1{,}6\right)}}.$$

Cette formule à laquelle on est parvenu par une suite de comparaisons avec les résultats de l'expérience, n'est pas encore susceptible de les représenter au-delà d'une certaine limite. On peut remarquer en effet qu'elle donne une valeur finie pour U tant que $\frac{\omega}{\chi}$ et $\frac{\lambda}{\zeta}$ en ont eux-mêmes une. On a observé cependant que, quand le rayon moyen était très-petit, la vîtesse s'anéantissait avant la pente. Il faut donc qu'il y ait une certaine portion de la vîtesse moyenne qui soit employée à détruire cet effet de la viscosité du fluide, qui existe nécessairement pour des lits quelconques, quoiqu'il ne se manifeste que quand ils sont très-petits. L'expression de cette partie de la vîtesse étant naturellement de la même forme que la précédente, on pourra la représenter par

$$\frac{\sqrt{243{,}7 \cdot g}\left(\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} - 0{,}016453\right)}{\sqrt{B} - L\sqrt{(B + 1{,}6)}},$$

B étant la petite pente employée à la produire, et la valeur de cette quantité ayant été évaluée par approximation à 0,049359, celle de la vîtesse deviendra en dernier résultat

$$U = \left(\frac{\sqrt{243{,}7 \cdot g}}{\sqrt{\frac{\lambda}{\zeta}} - L\sqrt{\left(\frac{\lambda}{\zeta} + 1{,}6\right)}} - 0{,}049359\right)\left(\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} - 0{,}016453\right).$$

Telle est la formule à laquelle Dubuat parvient en derniere analyse. Elle donne des résultats suffisamment exacts pour la pratique, quand on se renferme dans les limites des expériences qui ont servi à la former; mais elle a l'inconvénient d'être fort compliquée, et de contenir une fonction d'une espece particuliere, et qui ne paraît pas introduite par des considérations tenant à la nature de la question. Elle fut publiée en 1786.

Les recherches que Coulomb a faites sur le frottement des fluides, l'ont conduit, depuis cette époque, à composer la fonction de la vîtesse qui représente la force retardatrice provenant de ce frottement et de la viscosité de deux termes, dont l'un contient la premiere et l'autre la seconde puissance de la vîtesse; et M. Girard, dans son Rapport sur le canal de l'Ourcq, publié en 1803, a appliqué cette idée à la formation de l'équation du mouvement pour un courant d'eau. Il a décomposé la force retardatrice en deux autres, l'une provenant de la viscosité du fluide qui retient toutes les couches sur celle qui est adhérente à la paroi, et qui, supposée proportionnelle à la vîtesse, sera représentée par $R\chi U$, parce qu'elle est aussi proportionnelle à la paroi, R étant un coëfficient susceptible d'être déterminé par l'expérience, et qui représente la force avec laquelle les molécules fluides adhérent entre elles; l'autre, produite par le frottement, et proportionnelle au quarré de la vîtesse, sera égale à $R\chi U^2$, en supposant que R représente aussi la force avec laquelle une molécule fluide adhere à la paroi; on aura donc

$$\chi\varphi(U)=\chi R\,(U+U^2):$$

et si on substitue cette valeur dans l'équation (4), en y faisant en même-temps $\frac{dU}{dt}=0$, on en déduira

$$\frac{g\omega\zeta}{\lambda\chi}=R\,(U+U^2)$$

qui est la formule de M. Girard. M. de Prony a remarqué que, dans l'expression de la résistance provenant du frottement, il était néces-

saire, en admettant l'hypothese de l'égalité d'adhérence des molécules fluides entre elles et avec la paroi, d'exprimer que les aspérités qui produisent ce frottement peuvent ne pas être contigues les unes aux autres sur toute la longueur χ: alors l'expression de la force retardatrice devient $\frac{\chi}{\rho} R U^2$, et l'équation précédente se change en

$$\frac{g\omega z}{\lambda\chi} = R\frac{\chi}{\rho}(\rho U + U^2);$$

et il a ajouté qu'en donnant aux deux puissances de U le même coëfficient, il résultait que les deux résistances représentées par RU et RU^2, étaient égales quand $U = 1$, ce qui ne peut être vrai que pour un système de mesures particulier.

M. de Prony, après avoir discuté les recherches qu'on vient d'exposer succinctement, reprend la question à son origine. Il fait voir d'abord qu'en envisageant le mouvement d'un fluide qui coule dans un canal ou dans un tuyau, sous un point de vue qui paraît immédiatement indiqué par les observations qu'on a faites sur les circonstances physiques de cet écoulement, on trouve pour la vîtesse moyenne une expression dans laquelle il entre seulement les dimensions et l'inclinaison du canal, et certaines fonctions de la vîtesse uniquement relatives aux résistances à la paroi. Il remarque ensuite que la condition de l'homogénéité dans cette expression exige que l'on ne regarde point ces fonctions comme des quantités proportionnelles à la vîtesse simple, et que, si cette hypothese, ainsi que celles d'après lesquelles la résistance croît indéfiniment avec la vîtesse, conduisent à des formules qui représentent exactement les résultats des expériences, cela ne doit avoir lieu qu'entre certaines valeurs de la vîtesse, au-delà desquelles ces formules ne s'accordent plus avec ces résultats. Il paraît en effet que la résistance ne devient point infinie en même-temps que la vîtesse.

Quelle que soit cependant la forme de la fonction qui exprime la force retardatrice, on pourra toujours la développer en une suite

ordonnée suivant les puissances entieres de la vîtesse. On aura donc

$$\varphi(U) = c + \alpha U + \beta U^2 + \gamma U^3 + \text{etc.}$$

et cette expression introduite dans l'équation (4), où l'on fera en même-temps $\frac{dU}{dt} = 0$, donnera

$$\frac{g\omega\zeta}{\lambda\chi} = c + \alpha U + \beta U^2 + \gamma U^3 + \text{etc.}$$

$$\text{ou } g\,RI = c + \alpha U + \beta U^2 + \gamma U^3 + \text{etc.} \qquad (5)$$

Telle est la formule qu'on doit comparer avec les résultats des expériences, dans la vue de savoir à quel terme on peut s'arrêter, relativement aux limites entre lesquelles ces expérienees sont comprises et au degré d'exactitude qu'on veut obtenir, et de déterminer les valeurs numériques des coëfficients.

Examinons d'abord ce que représente le premier terme c. L'équation (5) donne, lorsque $U = 0$,

$$I = \frac{c}{gR}.$$

La quantité $\frac{c}{gR}$ est donc l'expression de la pente sous laquelle le fluide ne pourra pas prendre de mouvement, pente qui est très-petite, mais dont la valeur est nécessairement finie par l'effet de la cohésion du fluide, et comme l'expérience le prouve d'ailleurs : représentons-la par ι. Observons, d'un autre côté, qu'il existe une valeur du rayon moyen qui, quelle que soit la pente, ne permet plus au fluide de s'écouler, ainsi que les effets de la capillarité le démontrent, et représentons cette valeur par ρ.

Il suit de ce qui précede que la somme des termes qui s'évanouissent dans le second membre de l'équation (5) par la supposition de $U = 0$, doit être égale à une fonction dont les quantités $R - \rho$ et $I - \iota$ seront des facteurs. La forme la plus simple que cette fonction puisse avoir est $g(R - \rho)(I - \iota)$, ainsi on aura l'équation

$$g(R - \rho)(I - \iota) = \alpha U + \beta U^2 + \text{etc.}$$

Il faut remarquer que les quantités ρ et ι étant nécessairement très-petites, leur produit peut se négliger; alors cette équation devient simplement

$$g\,\mathrm{RI} = g(\mathrm{R}\iota + \mathrm{I}\rho) + \alpha\mathrm{U} + 6\mathrm{U}^2 + \text{etc.}$$

qui, étant comparée avec l'équation (5), donne

$$c = g(\mathrm{R}\iota + \mathrm{I}\rho).$$

La forme du coëfficient c se trouve ainsi déterminée par des considérations qui tiennent à la nature même des phénomenes : mais comme on n'a pas d'expériences qui puissent mettre à même de fixer exactement sa valeur, et qu'on peut, à raison de sa petitesse, la négliger dans la pratique sans erreur sensible, l'équation (5) se réduira à

$$g\,\mathrm{RI} = \alpha\mathrm{U} + 6\mathrm{U}^2 + \gamma\mathrm{U}^3 + \text{etc.}$$

Considérons maintenant le second coëfficient α : on sait qu'en déterminant convenablement la valeur de U, on peut faire en sorte que tous les termes du second membre qui contiennent des puissances de U supérieures à la premiere, deviennent négligeables par rapport au terme αU. Il suit de-là que l'équation

$$g\,\mathrm{RI} = \alpha\mathrm{U}$$

est susceptible de représenter le mouvement dans le cas où la vîtesse est extrêmement petite. Quand elle passe une certaine limite, il faut prendre un plus grand nombre de termes. On supposera d'abord que l'on se borne aux deux premiers, ce qui donnera simplement

$$g\,\mathrm{RI} = \alpha\mathrm{U} + 6\mathrm{U}^2, \qquad (6)$$

équation qu'il s'agit de comparer avec les expériences connues. Pour y parvenir, M. de Prony met cette équation sous la forme

$$\frac{g\mathrm{RI}}{\mathrm{U}} = \alpha + 6\mathrm{U};$$

alors elle devient susceptible d'être traitée par les méthodes de correction d'anomalies de M. de la Place (1), et on a

$$\frac{gRI}{U}=Z,\ U=X.$$

Ces deux méthodes ont donné des valeurs peu différentes de α et de 6; on pouvait se borner à choisir entre elles; mais les renseignements particuliers qu'on avait sur les expériences, indiquaient des corrections particulieres; il était aussi nécessaire en général de rendre les valeurs des anomalies à-peu-près proportionnelles aux vîtesses observées; ces diverses considérations ont conduit aux valeurs suivantes :

$$\alpha=0{,}000436,\ 6=0{,}003034.$$

Elles ont été déterminées d'après trente et une expériences, choisies et discutées avec beaucoup de soin, et dans lesquelles la vîtesse moyenne se trouvait donnée par l'expérience, ou déduite de la vîtesse à la surface par la formule exposée dans le texte. En les introduisant dans l'équation (6), on en déduit

$$U=-0{,}0718523+\sqrt{(0{,}00516275+3232{,}96.\ RI)},$$

ou, plus simplement,

$$U=-0{,}07+\sqrt{(0{,}005+3233.\ RI)}.$$

(1) En appliquant à la formation de l'équation d'un courant d'eau les méthodes que M. de la Place a employées pour déterminer la figure de la terre, M. de Prony a suivi la marche indiquée dans l'exposition de ces méthodes, faite d'après lui dans la note précédente; c'est-à-dire qu'il a fait usage d'une construction graphique pour discerner l'ordre de grandeur de certaines quantités, et parvenir à les ranger suivant cet ordre. Il est évident que les procédés graphiques employés de cette maniere, ne peuvent avoir aucun inconvénient, ni apporter aucune incertitude sur les résultats, qui, en derniere analyse, se trouvent uniquement donnés par le calcul. Sans l'utile modification que M. de Prony a ainsi apportée à la marche suivie par M. de la Place, il eût été impossible de faire usage du grand nombre de bonnes expériences qu'on possede sur le mouvement de l'eau dans un canal, les calculs étant excessivement longs, et presque entièrement impraticables, au-delà d'un petit nombre d'observations.

Le tableau suivant contient la comparaison des valeurs de U données par cette formule avec celles déduites des expériences qui ont servi à la composer. On voit qu'elles s'accordent avec assez d'exactitude, et on peut remarquer que les anomalies se trouvent également réparties en plus et en moins, puisque la différence moyenne positive est 0,0273 metre, et la différence moyenne négative 0,0260 metre.

Les valeurs de U, rapportées dans le tableau, sont comprises entre 0,10 metre et 0,84 metre. On s'exposerait peut-être à commettre des erreurs, si on appliquait la formule à des cas où la valeur de U passerait de beaucoup ces deux limites. On peut remarquer que les anomalies augmentent en général à mesure que la vîtesse augmente, et il est probable que, pour de plus grandes valeurs de la vîtesse, il ne faudrait pas s'arrêter au troisieme terme, dans le second membre de l'équation (5), mais faire usage du terme γU^3, ou même des suivants.

M. de Prony ne considere point d'ailleurs les valeurs des coëfficients de l'équation précédente comme déterminées d'une maniere absolument définitive. Il pense que des expériences plus exactes ou plus étendues que celles qui ont été faites jusqu'à présent, et qui ont servi à calculer ces valeurs, pourraient y apporter quelques changements. Mais le principal mérite de ses recherches sur les eaux courantes, consiste sur-tout dans la méthode qu'il y a exposée, et qui offre aux savants qui s'occuperont par la suite du même objet, une marche toute tracée, et qui, sous le rapport de la théorie, ne laisse absolument rien à desirer. On peut remarquer ici combien la variété des connaissances est utile, et quel secours les diverses branches des sciences peuvent se prêter mutuellement, puisqu'on vient de voir des méthodes qui ont été créées pour une des théories les plus délicates de l'astronomie physique, appliquées de la maniere la plus avantageuse à des problêmes d'une utilité pratique, et conduisant à des résultats très-simples.

TABLEAU comparatif des vîtesses moyennes données par l'observation, et des vîtesses moyennes calculées par la formule précédente.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	PÉRIMETRES DES SECTIONS.	AIRES DES SECTIONS.	PENTES PAR METRE.	VITESSES MOYENNES OBSERVÉES.	VITESSES MOYENNES CALCULÉES.
	Metres.	Metres carrés.	Metres.	Metres.	Metres.
1. *	2,3386.	0,6745.	0,000035.	0,1165.	0,1238.
2.	0,6835.	0,0506.	0,000108.	0,1243.	0,1040.
3.	0,9542.	0,0114.	*idem.*	0,1543.	0,1442.
4. *	8,7707.	4,4883.	0,000035.	0,1607.	0,1792.
5. *	9,1226.	5,4050.	0,000036.	0,1721.	0,2010.
6. *	9,2038.	5,7582.	0,000046.	0,2124.	0,2409.
7.	0,3687.	0,0153.	0,000579.	0,2420.	0,2156.
8.	0,5774.	0,0258.	0,000708.	0,2488.	0,2560.
9.	0,4602.	0,0252.	0,000579.	0,2628.	0,2561.
10. *	15,3757.	22,6466.	0,000030.	0,3008.	0,3149.
11.	0,6294.	0,0379.	0,000708.	0,3275.	0,3064.
12.	0,5059.	0,0308.	0,000579.	0,3340.	0,2731.
13. *	9,7452.	7,6759.	0,000065.	0,3479.	0,3417.
14. *	16,3503.	29,0468.	0,000028.	0,3528.	0,3356.
15.	0,5752.	0,0253.	0,001076.	0,3671.	0,3258.
16.	0,7060.	0,0558.	0,000708.	0,3836.	0,3597.
17.	0,7896.	0,0753.	*idem.*	0,4209.	0,4010.
18.	0,4144.	0,0199.	0,002342.	0,4948.	0,5358.
19.	0,5752.	0,0253.	0,002183.	0,5479.	0,4897.
20.	0,4908.	0,0288.	0,002342.	0,5495.	0,5991.
21.	0,5514.	0,0370.	*idem.*	0,6055.	0,6442.
22.	0,5820.	0,0414.	*idem.*	0,6372.	0,6651.
23.	0,7038.	0,0611.	0,002427.	0,7347.	0,7569.
24.	0,3535.	0,0138.	0,004717.	0,7447.	0,7032.
25.	0,7376.	0,0632.	0,002183.	0,7658.	0,7092.
26.	0,7723.	0,0738.	0,002315.	0,7720.	0,7770.
27. *	15,4028.	23,0812.	0,000165.	0,7760.	0,8260.
28.	0,7986.	0,0371.	0,004717.	0,7829.	0,7727.
29.	0,8408.	0,0876.	0,002315.	0,8164.	0,8142.
30.	0,8790.	0,0958.	*idem.*	0,8633.	0,8341.
31.	0,8941.	0,0992.	*idem.*	0,8803.	0,8420.

Nota. Les expériences marquées d'une (*) sont celles où la valeur de la vîtesse moyenne n'a pas été immédiatement donnée par l'observation, et où elle a été déduite de la vîtesse à la surface.

Depuis la publication des recherches de M. de Prony, qui ont paru en 1804, M. Hageau, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a fait sur un bief du canal du Doubs à la Saône, des expériences qui se rapportent à la question dont il s'agit dans cette note.

Le fond de ce bief est parfaitement de niveau, et sa longueur est de 2339 metres. L'eau était fournie et entretenue constamment à la même hauteur par le bief supérieur qui communique avec le Doubs; la pente s'établissait à la surface, et l'eau s'écoulait par-dessus les portes d'amont de l'écluse située à la suite du bief, dans le sas de laquelle on pouvait jauger la quantité de fluide qui avait passé dans un temps donné; on connaissait ainsi la vîtesse moyenne. Le remous occasionné par l'espece de réversoir au-dessus duquel l'écoulement avait lieu, se faisait sentir à 1000 ou 1100 metres de distance au-dessus de ce réversoir; mais dans la moitié supérieure du bief la pente était uniforme, et telle qu'elle se trouve indiquée dans le tableau suivant. La forme de la section est celle d'un trapeze, dont la largeur du fond est de 9,745 metres, et dont les côtés sont inclinés à un et demi de base sur un de hauteur.

TABLEAU pour les expériences de M. Hageau.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	PÉRIMETRES DES SECTIONS.	AIRES DES SECTIONS.	PENTES PAR METRE.	VITESSES MOYENNES.	VITESSES A LA SURFACE.
	Metres.	Metres carrés.	Metres.	Metres.	Metres.
1.	15,897.	20,990.	0,0000147.	0,0077.	0,095.
2.	16,091.	21,798.	*idem.*	0,0203.	0,115.
3.	16,699.	23,414.	0,0000421.	0,0343.	0,122.
4.	16,525.	22,677.	0,0000484.	0,0429.	0,142.
5.	16,625.	23,101.	*idem.*	0,0718.	0,162.
6.	16,723.	23,505.	0,0000568.	0,0894.	0,176.

Ces expériences, qui paraissent avoir été faites avec beaucoup de soin, contredisent la regle ordinaire, d'après laquelle la vîtesse moyenne

doit être environ les quatre cinquiemes de la vîtesse à la surface. On peut remarquer que cette regle, fondée sur des expériences où la valeur de la vîtesse moyenne n'était pas, à l'exception d'une seule, au-dessous de 0,24 metre, n'apprend rien pour des vîtesses moins considérables, et on sait que ces sortes de formules ne peuvent convenir qu'aux cas renfermés entre les limites des expériences dont les résultats ont servi à calculer les constantes qui s'y trouvent. Mais il faut observer aussi que les expériences qu'on vient de rapporter offrent des circonstances d'écoulement qui leur sont particulieres, et qui ne permettent point d'appliquer au cours des fleuves les résultats qu'elles présentent. En effet, l'eau fournie au bief tombait à la surface du fluide; elle s'écoulait également à sa surface, sur une hauteur très-petite, comparativement à la profondeur totale : si on réfléchit à-la-fois sur ce mode d'écoulement et sur le peu de longueur du bief, on pourra présumer que cette longueur n'était pas assez considérable pour que le mouvement des filets supérieurs du fluide ait pu se communiquer à toute la masse, et cela suffira pour expliquer comment la vîtesse moyenne est ici très-petite comparativement à la vîtesse à la surface.

NOTE III.

Sur la valeur du coëfficient m, *dans le calcul du débouché des ponts.*

M. Dubuat, en distinguant les diverses especes de contractions qui peuvent se présenter dans les mouvements des fluides, a décrit (1) celle qui a lieu dans le cas où l'eau entre dans un canal plus étroit, et dont le fond n'est pas plus élevé que celui du lit où elle se trouvait d'abord. Cette contraction est à-peu-près du même genre que celle qui se manifeste au passage des ponts, et le coëfficient ayant varié dans les expériences qui lui sont relatives depuis $m = 1{,}366$ jusqu'à $m = 1{,}097$, il convient d'adopter cette derniere valeur, sur-tout parce que celle de m doit se rapprocher d'autant plus de l'unité que la profondeur du canal est plus petite relativement à sa largeur, et que les circonstances se rapprochent par conséquent de ce qui a ordinairement lieu dans les ponts.

On voit cependant combien il reste d'incertitude sur cet objet qui offre un champ nouveau à des recherches expérimentales très-intéressantes. M. Dubuat n'a fait que deux expériences qui y soient relatives. Il a employé un canal factice de forme rectangulaire et de 465 millimetres de largeur, dans lequel il a placé deux demi-piles de 61 millimetres d'épaisseur appliquées contre ces faces latérales, et une pile de 123 millimetres d'épaisseur, de chaque côté de laquelle il restait deux passages égaux de 11 centimetres de largeur, de sorte que le passage total se trouvait réduit d'environ moitié. L'avant-bec avait la forme d'un triangle isoscele et l'arriere-bec celle d'un triangle équilatéral mixtiligne. Elles sont consignées dans le tableau suivant.

(1) Principes d'Hydraulique, tome I, page 15.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	VITESSES MOYENNES.	HAUTEURS DE L'EAU.	HAUTEURS A L'AVANT-BEC.	REMOUS OBSERVÉS.	REMOUS CALCULÉS.
	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.
194.	0,356.	0,172.	0,188.	0,016.	0,025.
195.	0,318.	0,123.	0,144.	0,021.	0,020.

La vîtesse moyenne, ainsi que les hauteurs à l'avant-bec, ont été données immédiatement par l'observation; les nombres de la troisieme colonne ont été calculés par la formule de M. Dubuat pour le mouvement des eaux courantes, qui a été rapportée dans la note précédente. On en a conclu les valeurs du remous comprises dans la cinquieme colonne; et quant à celles de la sixieme, elles ont été calculées par la formule donnée dans le texte, en supposant $m = 1,097$. On voit que cette formule s'accorde avec la seconde expérience. La différence qui existe entre son résultât et celui de la premiere, tient à la disposition qu'on avait adoptée, et d'après laquelle le fond du canal ayant trop peu de pente pour que l'eau pût prendre une vîtesse suffisante pour produire la dépense observée, cette pente s'était formée sur la surface du courant, ce qui avait diminué la profondeur de l'eau à la rencontre du pont.

CHAPITRE II.

DE LA DESCRIPTION DES ARCHES DES PONTS.

SECTION PREMIERE.

DES ARCHES EN PLEIN CINTRE.

On a vu dans le chapitre précédent quels étaient les principaux avantages et inconvénients des arches en plein cintre. Il n'y a aucune remarque à faire sur leur description : leur forme est entièrement déterminée, lorsqu'on a fixé leur ouverture, puisque cette forme est un demi-cercle dont cette ouverture est le diametre. Il suffit d'observer que le centre du demi-cercle est ordinairement situé à la hauteur des fondations ou à celle des basses eaux; quand les circonstances le comportent, on peut le mettre au-dessus de cette hauteur, et alors l'arche se trouve élevée sur des piédroits..

SECTION II.

DES ARCHES EN ANSE DE PANIER.

La forme des arches en anse de panier n'est pas entièrement déterminée, lorsque leur ouverture, et même leur hauteur, ont

été fixées. Il est possible en effet de décrire sur deux diametres donnés une infinité de courbes différentes.

Les seules conditions auxquelles la courbe d'une anse de panier soit assujétie est que la tangente au sommet soit horizontale, et que les tangentes aux naissances soient verticales. Comme une demi-ellipse jouit de ces deux propriétés, il paraît naturel de choisir cette courbe, d'autant mieux qu'étant, parmi toutes celles que l'on pourrait prendre, la seule dont la courbure décroisse uniformément depuis les naissances jusqu'au sommet, elle doit présenter à l'œil l'aspect le plus agréable. Mais elle a l'inconvénient d'obliger dans la construction de changer de panneaux à chacun des voussoirs qui composent la voûte, ce qui est assez incommode; et elle offre sur-tout le désavantage plus important de ne pas donner autant de débouché que les courbes dont nous allons parler, à moins que la différence des deux diametres de l'arche ne soit très-considérable.

On emploie ordinairement, à la place d'une demi-ellipse, des courbes composées d'un certain nombre d'arcs de cercle, parce qu'on est le maître, en déterminant convenablement les longueurs et les rayons de ces arcs, de donner à l'anse de panier la forme que l'on trouve la plus convenable.

On s'assujétit alors à remplir l'une et l'autre des deux conditions suivantes : savoir, 1° que la courbure du premier arc, à partir des naissances, renferme celle de l'ellipse qui serait construite sur les deux diametres de l'anse de panier, afin de donner à l'arche plus de surface de débouché qu'elle n'en aurait si l'on employait cette ellipse; 2° que le rayon de l'arc du sommet ne passe point une certaine limite. La valeur de cette limite ne peut pas se fixer en général, mais elle ne doit guere surpasser le

double de l'ouverture de l'arche, et si on était obligé, par des circonstances particulieres, d'employer un rayon plus grand, il faudrait avoir soin de ne pas diriger les joints des voussoirs au centre de l'arc, mais vers un point plus rapproché.

Ces deux premieres conditions remplies, il faut ensuite fixer le nombre d'arcs de cercle dont l'anse de panier sera composée. On ne peut en mettre moins de trois, et il ne paraît pas que l'on en ait jamais employé plus de onze : on va exposer la maniere de la décrire dans ces différents cas.

Des anses de panier décrites avec trois arcs de cercle.

La longueur des rayons des trois arcs qui doivent composer l'anse de panier n'étant pas entièrement déterminée, lorsqu'on a fixé les deux diametres de la courbe, il faut se donner une autre condition. On supposera d'abord que les trois arcs doivent être tous trois de 66,667 grades, c'est-à-dire égaux chacun à la sixieme partie de la circonférence.

Soit (Pl. XI, fig. 1) la moitié de l'ouverture de l'arche $AC=a$, et sa hauteur $CD=b$. Les centres des deux arcs décrits à partir des naissances seront nécessairement situés en des points F, G, appartenants à la ligne AB, et le centre du troisieme arc en un point E appartenant à la ligne DC prolongée. On voit aussi que l'un de ces centres étant trouvé, les deux autres le seront également. Appelons x la distance du point C, milieu de AB, au centre G. Le triangle FGE étant équilatéral, on a $EG=FG$, et par conséquent,

$$CE+CD=FG+GB,$$

ou

$$\sqrt{3x^2}+b=x+a,$$

et en résolvant cette équation,

$$x=\tfrac{1}{2}(a-b)+\sqrt{\tfrac{3}{4}(a-b)^2}.$$

On construira cette valeur en prenant, à partir du point C, la ligne $CK=a-b$, et, après avoir formé sur cette ligne le triangle équilatéral CHK, portant de L en G la hauteur LH de ce triangle.

Supposons maintenant qu'on se soit donné pour condition que les rayons des trois arcs different entre eux le moins possible. Appelons toujours (Pl. XI, fig. 2) la moitié de l'ouverture de l'arche $AC=a$, et sa hauteur $CD=b$. Nommons y le rayon AF de l'arc des naissances, et x celui de l'arc du sommet dont le centre est en E, on aura, à cause du triangle rectangle CFE,

$$(x-y)^2=(x-b)^2+(a-y)^2.$$

En résolvant cette équation par rapport à x, on trouve

$$x=\frac{\frac{1}{2}(b^2+a^2)-ay}{b-y};$$

on aura donc, pour l'expression du rapport des deux rayons,

$$\frac{x}{y}=\frac{\frac{1}{2}(b^2+a^2)-ay}{by-y^2};$$

en égalant à zéro sa différentielle et cherchant la valeur de y, on trouve, après avoir fait pour abréger $b^2+a^2=c^2$,

$$y=\frac{bc}{c+(a-b)};$$

mettant cette valeur dans celle de x, on en déduit

$$x=\frac{ac}{c-(a-b)}.$$

On construit très-simplement ces deux expressions en retranchant de la ligne AD la distance DG égale à $a-b$, et en élevant sur le milieu de la partie restante AG la perpendiculaire HE; les points E, F, où elle rencontrera les deux diametres de la courbe seront les centres cherchés.

En comparant des anses de panier décrites par l'une ou par l'autre de ces deux méthodes, on verra qu'elles donnent des courbes peu différentes entre elles.

Lorsque le rapport des deux diametres n'est pas au-dessous d'un tiers, la différence des rayons des arcs dont l'anse de panier est composée, n'est pas assez grande pour que le passage de l'un à l'autre soit trop marqué et fasse un effet trop désagréable: alors on peut se contenter de la décrire avec trois arcs de cercle. Mais lorsque l'arche est plus surbaissée, il faut nécessairement en employer un plus grand nombre.

Des anses de panier décrites avec plus de trois arcs de cercle.

On a employé différentes méthodes pour déterminer les positions du centre et les longueurs des rayons des arcs dont ces courbes devaient être composées. Nous allons exposer d'abord celle dont on s'est servi pour l'épure des arches du pont de Neuilly.

Après avoir fixé le rayon FB (Pl. XI, fig. 3) du premier arc à partir des naissances, on a pris sur le prolongement du petit diametre AD une distance CE, qu'on a fait arbitrairement triple de CF, et qui pourrait d'ailleurs avoir avec cette ligne tout autre rapport. Ayant ensuite partagé CE en cinq parties égales, et CF en cinq parties qui fussent entre elles dans le rap-

port des nombres 1, 2, 3, 4 et 5, et joint les points de division par les lignes LF, MG, NH, OI, EK, on a pris pour centres des différents arcs qui composent l'anse de panier les points E, P, Q, R, S, F, qui se trouvent aux intersections respectives de ces lignes.

On voit que dans la courbe que l'on décrit de cette maniere, le rapport de la hauteur CD à l'ouverture AB dépend des données dont on est parti, c'est-à-dire de la longueur de la ligne CF, et de son rapport avec CE. Mais quand on se propose de décrire une anse de panier, ses deux diametres sont ordinairement fixés d'avance; ainsi, après avoir construit une courbe par la méthode précédente, il faudra modifier cette courbe de maniere à ce que la hauteur CD devienne précisément égale à celle qu'on se sera donnée.

Appelons a la demi-ouverture de l'arche que l'on veut obtenir et b sa hauteur; x la grandeur que doit avoir CF, et y celle que doit avoir CE. Supposons d'ailleurs que les valeurs primitives et arbitraires que l'on aura données à CF et à CE soient représentées par n et m, et qu'il en soit résulté pour le développement de la portion de polygone EOPQRSFB une longueur égale à s, tandis que dans l'anse de panier décrite sur les diametres a et b, cette longueur sera égale à z.

On a la relation

$$z+b-x=y+a$$

et si on suppose que la figure que l'on construira sur les lignes x et y, soit semblable à la figure ECF que l'on a construite sur les lignes CF$=n$ et CE$=m$, on aura

$$y=\frac{mx}{n},\ z=\frac{sx}{n};$$

substituant ces valeurs dans l'équation précédente, et prenant celle de x, on trouve

$$x = \frac{n(a-b)}{s-m-n};$$

c'est la valeur qu'il faudra donner à CF pour que l'ouverture et la hauteur de l'anse de panier soient précisément égales aux lignes représentées par a et b.

On voit que cette méthode s'applique aux anses de panier composées d'un nombre d'arcs quelconques. On peut décrire par le moyen des mêmes centres des courbes paralleles, dans lesquelles les rapports des diametres varieront; et si on détermine convenablement le rapport des distances CF et CE, on aura des courbes qui, décrites pour les mêmes axes, offriront des formes différentes et plus ou moins de passage à l'eau.

La méthode précédente n'a d'autre inconvénient que sa longueur, et laisse peu de chose à desirer; mais on pense que, dans le cas même où l'arche serait surbaissée au quart, il est inutile de composer l'anse de panier d'un aussi grand nombre d'arcs de cercle, et qu'en général il suffit d'en employer cinq: alors sa description se simplifie considérablement.

Supposons en effet que l'on ait fixé les longueurs AF et DE (Pl. XI, fig. 4) des rayons r et R de l'arc des naissances et de celui du sommet. Appelons ρ le rayon de l'arc intermédiaire: nous pouvons le déterminer par la condition d'être moyen proportionnel entre r et R; alors on aura $\rho = \sqrt{Rr}$. Décrivant ensuite du point F comme centre, et avec un rayon égal à $\rho - r$, un arc, et du point E, et avec un rayon égal à $R - \rho$, un second arc qui coupera le premier en G, le point G sera le centre de l'arc qui réunira celui des naissances et celui du sommet.

Si on voulait que l'anse de panier fût décrite avec sept centres, il faudrait déterminer deux moyennes proportionnelles ρ et ρ' entre les rayons des arcs extrêmes r et R, ce qui donnerait

$$\rho = \sqrt[3]{Rr^2} \text{ et } \rho' = \sqrt[3]{R^2 r}.$$

On décrirait ensuite (fig. 5) du point E comme centre et d'un rayon EH égal à $\rho - r$ un arc, qui doit contenir le centre de l'arc dont le rayon est ρ, et du point F et avec le rayon $FG = R - \rho'$, un second arc qui doit contenir le centre de l'arc dont le rayon est ρ'. Pour fixer ensuite sur chacun de ces arcs la position respective des deux centres, il faudra mener entre les deux arcs une ligne HG, dont la longueur soit égale à $\rho' - \rho$; mais comme la position de cette ligne n'est pas déterminée par cette seule condition, on la fixera par le moyen d'un tâtonnement dans lequel on pourra se guider par la condition que la longueur des arcs dont l'anse de panier doit être composée, décroisse à-peu-près uniformément depuis le sommet jusqu'aux naissances.

Cette méthode pourrait s'étendre à des anses de panier composées d'un plus grand nombre d'arcs. Mais nous répétons ici qu'il est presque toujours inutile d'en employer plus de cinq.

Lorsque l'on construit en grand les épures des arches des ponts, il n'est pas possible, si ce n'est pour la partie voisine des naissances, d'employer des compas à verge pour tracer les arcs dont elles sont composées. On commence alors par fixer les extrémités de chacun de ces arcs, dont les coordonnées ont été calculées d'avance, et on acheve de les décrire par le moyen de deux regles assemblées solidement de maniere à former un angle dont le supplément soit égal à la moitié de l'arc. On

fait mouvoir cet angle de maniere à ce que ses côtés passent toujours par les points extrêmes de l'arc, et son sommet donne les points intermédiaires.

Des anses de panier qui ne sont point décrites avec des arcs de cercle.

La difficulté de tracer sur l'épure en grand d'une maniere parfaitement exacte la courbe que l'on a projetée, quand elle est composée de plusieurs arcs de cercle, a fait proposer différentes manieres de décrire les anses de panier, dans lesquelles cet embarras disparaît presque entièrement.

Les charpentiers emploient ordinairement, pour raccorder les deux côtés d'un angle AED (Pl. XI, fig. 6), une courbe dont le tracé consiste à partager les deux côtés de l'angle en un même nombre de parties égales, et à joindre les points de division par des lignes qu'on regarde comme des tangentes à la courbe, et qui, en les supposant infiniment rapprochées, déterminent chacun de ses points par leurs intersections successives. En faisant la même opération pour l'angle BFD, on aura une portion de courbe égale à la premiere, et qui achevera la description de l'arche ADB.

On a depuis long-temps remarqué que la courbe tracée par la méthode précédente était une portion de parabole dont le sommet est situé entre les points A et D. Elle donne beaucoup plus de débouché qu'une anse de panier composée de trois arcs de cercle, ou un plein ceintre, qui seraient construits sur les mêmes axes. Ainsi elle offre de l'avantage, tant sous ce rapport que

sous celui de la facilité de sa description. Mais elle présente un inconvénient relativement à l'aspect plus ou moins agréable que ces sortes de courbes peuvent offrir : en effet, on sait que dans la parabole la valeur du rayon de courbure est un *minimum* au sommet de la courbe, et à raison de l'endroit où ce sommet se trouve ici placé, il s'ensuit que la courbure ne va pas en diminuant uniformément depuis les naissances jusqu'au point le plus élevé de l'arche.

On a encore proposé de composer les anses de panier de deux arcs de cercle décrits à partir des naissances, et raccordés pour le sommet de la voûte par une portion de chaînette. Les courbes composées de cette maniere offrent encore, sur-tout dans la partie inférieure, un plus grand débouché que les anses de panier ordinaires, et on pourrait les leur préférer sous ce rapport.

SECTION III.

DES ARCHES EN ARC DE CERCLE.

On a fait dans ces derniers temps un nombre assez considérable de ponts dans lesquels la voûte est décrite par un arc de cercle; mais on a presque toujours eu soin de placer les naissances à-peu-près à la hauteur des grandes eaux, par les raisons que nous avons exposées dans le chapitre précédent. La position des naissances étant fixée par cette condition, si la hauteur à laquelle il est possible d'élever le sommet de la voûte est égale-

ment donnée par les localités, l'arc se trouve entièrement déterminé. Mais il serait possible qu'alors la voûte se trouvât trop surbaissée, ou que le rayon de l'arc eût une trop grande longueur pour que l'ouvrage offrît la solidité à laquelle il faut nécessairement atteindre dans un édifice tel qu'un pont. Il faudrait alors renoncer à l'emploi d'un arc de cercle, et aux avantages que ce parti présente d'ailleurs.

CHAPITRE III.

DE L'EPAISSEUR QU'ON DOIT DONNER AUX VOUTES DES PONTS.

Après avoir déterminé la courbure des arches, la premiere question qui se présente à résoudre est celle de l'épaisseur des voûtes à la clef, puisque cette épaisseur détermine la grandeur et la direction de la poussée, et par conséquent la résistance dont les culées devront être capables. Les ouvrages des anciens, et même ceux des modernes, offrent sur cet objet de très-grandes différences. Plusieurs constructeurs ont tenté cependant de le soumettre à des regles précises; mais comme ces regles n'étaient point fondées sur des principes certains et palpables, chacun s'est cru autorisé à ne pas s'astreindre à les suivre exactement. Nous allons d'abord exposer en peu de mots les plus connues.

Les principaux architectes italiens, tels qu'Alberti, Palladio et Serlio, en ont indiqué vaguement quelques-unes : les uns ont fixé pour cette épaisseur le quinzieme, d'autres le douzieme ou le dix-septieme de l'ouverture de l'arche. On voit sur-le-champ que de pareilles assertions, sans s'éloigner précisément de la vérité, parce qu'elles sont fondées sur l'expérience de ponts déja exécutés, ne méritent d'ailleurs aucune confiance, dès que l'on sort des formes et des dimensions ordinaires. Leurs auteurs ne paraissent pas s'en être rendu compte, et ne les ont appuyées sur aucun raisonnement.

Il en est de même des regles données par Gauthier, dans son traité des ponts. Il a distingué les voûtes construites en pierre dure et en pierre tendre, et il donne aux premieres le quinzieme de leur ouverture quand elle passe dix metres, et aux secondes environ 32 centimetres de plus. Il n'a pas d'égard d'ailleurs aux formes différentes que les voûtes peuvent avoir; et, pour reconnaître combien sa regle est fautive, il suffit de remarquer que les voûtes du pont de Neuilly se soutiennent avec 1,624 metre d'épaisseur à la clef, tandis que d'après Gauthier elles devraient avoir 2,6 metres.

Boffrand, architecte, a aussi donné des tables pour le même objet : elles indiquent en général des épaisseurs encore plus fortes que celles de Gauthier, et par conséquent elles ne méritent pas plus de confiance.

On trouve dans les ouvrages du celebre Perronet une regle qui consiste à donner aux voussoirs de la clef le vingt-quatrieme de l'ouverture, auquel on ajoute 325 millimetres, et dont on retranche la cent quarante-quatrieme partie de cette ouverture. Cette regle s'accorde avec les épaisseurs adoptées dans les ponts connus, sur-tout pour les ponts en plein cintre; et quelques arches exécutées paraissent seulement indiquer que la regle donne des épaisseurs trop fortes, quand l'ouverture est au-dessus de 30 metres.

Nous passons sous silence les recherches analytiques d'après lesquelles plusieurs savants ont cherché à déterminer ces épaisseurs. On verra dans le chapitre suivant que leurs résultats sont en général peu susceptibles de s'appliquer à la pratique.

Il paraît que, pour fixer l'épaisseur d'une voûte, il faut principalement avoir égard à la nature des matériaux dont elle

est composée, et au mode de construction dont on fait usage.

Lorsqu'on aura vu, dans le chapitre suivant, quels sont les effets qui se manifestent dans les voûtes après leur construction, on sera convaincu que, si une voûte était composée de matériaux incompressibles, elle ne pourrait prendre de mouvement qu'autant que les parties résistantes n'auraient pas assez de masse pour soutenir l'effort des parties agissantes, ou, si l'on veut, qu'autant que les culées ne seraient pas assez épaisses pour résister à la poussée de la voûte. La pierre de taille pouvant être effectivement considérée comme sensiblement incompressible, on voit que si les voussoirs étaient posés les uns sur les autres, sans cales ni mortier, et que la voûte ne pût avoir absolument aucun tassement, il suffirait, pour qu'elle se soutînt, que les culées eussent une épaisseur convenable, et que la hauteur de la clef fût assez grande pour que la pierre ne s'écrasât, ou ne s'éclatât point sous la pression qu'elle aurait à supporter.

La longueur de la clef se trouverait donc déterminée quand on connaîtrait la pression horizontale que les deux demi-voûtes exercent l'une sur l'autre, et la résistance de la pierre dont elles sont construites; et il suffirait d'avoir égard aux chocs auxquels ces voûtes sont sujettes en raison du mouvement des voitures, pour ne pas s'exposer à donner une épaisseur trop faible, sur-tout dans les voûtes d'un petit diametre, où la pression est peu considérable.

Si l'on calcule, dans cette hypothese, quelle épaisseur on pourrait donner à la clef des arches les plus hardies, on trouve des quantités fort au-dessous de celles qui ont été fixées par leurs constructeurs. Pour le pont de Neuilly, par exemple, la pression horizontale que la clef supporte, sur un metre de longueur,

est, à peu de chose près, de 141000 kilogrammes (1), en supposant que la voûte est construite en pierre de Saillancourt, de qualité moyenne, dont le metre cube pese 2261 kilogrammes. Un cube de cette pierre de 5 centimetres de côté s'écrase sous un poids de 2994 kilogrammes (2); mais comme on ne peut gueres faire porter aux pierres un poids au-dessus du tiers de celui sous lequel elles s'écrasent dans les expériences, on supposera que la pierre de Saillancourt ne peut porter que 1000 kilogrammes, sur une surface de 25 centimetres carrés : d'après cela, la hauteur de la clef sera de 352 millimetres, tandis qu'elle est dans l'exécution de 1,624 metre.

Dans l'arche de 48,73 metres projetée pour Melun, et formée d'un seul arc de 65 metres de rayon, la pression sur la clef aurait été de 172000 kilogrammes, en supposant cette arche construite avec la même pierre, et il eût suffi que la hauteur de cette clef fût de 43 centimetres, tandis que Perronet lui a donné de même 1,624 metre.

Les épaisseurs indiquées par le calcul sont donc, pour les ponts même qui sont regardés comme les plus hardis, fort au-dessous de celles que les constructeurs expérimentés sont en usage de donner. Mais aussi le calcul suppose que les voussoirs portent exactement les uns sur les autres dans toute la surface de leurs plans de joint, et qu'après la construction il n'y a aucun jeu dans les différentes parties de la voûte. Cette hypothese ne serait pas éloignée de la vérité, si les plans de joint

(1) On trouvera dans le chapitre suivant la maniere dont on évalue cette pression.

(2) Voyez la note à la fin du chapitre.

des voussoirs étaient parfaitement exécutés, et si on évitait de les poser sur cales, en adoptant la méthode que les anciens ont suivie dans les constructions du même genre; et on peut conclure de-là que, par le moyen de cette méthode, on pourrait exécuter des ponts beaucoup plus hardis et plus légers que tous ceux qui ont éte construits jusqu'à présent.

Cependant, l'altération que les pierres subissent par l'effet du temps, ainsi que les imperfections inévitables dans l'exécution des voussoirs, s'opposeraient seules à ce que l'on réduisît les clefs des ponts aux épaisseurs qui, d'après le calcul, paraissent devoir leur suffire, puisque la moindre épaufrure pourrait diminuer sensiblement leur résistance et mettre la voûte en danger de s'écrouler. Mais l'usage de les poser sur cales paraît être la principale cause de la grande différence qui se trouve entre les épaisseurs indiquées par la force de la pierre, et celles qu'on donne ordinairement.

En effet, les cales étant presque, avant l'entiere dessication des mortiers, le seul intermédiaire par lequel les voussoirs portent les uns sur les autres, on voit que la surface résistante n'est plus la surface entiere du plan de joint, mais qu'elle se réduit à celle des cales; et, d'après cela, il semble qu'on pourrait, en lui appliquant le calcul précédent, déterminer l'épaisseur du voussoir de maniere à ce que l'aire des cales sur lesquelles on le pose fût assez grande pour que les parties correspondantes de la pierre pussent résister à la pression. Mais il faut observer que la force de la pierre ne pourrait pas être évaluée, dans ce cas, d'après les expériences connues, qui ont été faites sur de petits cubes isolés.

On peut remarquer aussi que le tassement vertical d'une voûte

est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus grand que sa clef est moins épaisse. Ce tassement dépend effectivement du raccourcissement de la courbe DE*d* (Pl. X, fig. 6), qui réunit les points d'appui des voussoirs, ou ceux autour desquels ils tendent à tourner dans les mouvements de la voûte (1) : cette courbe passe par les points de rupture D et *d* et par le point E, sommet de l'extrados, et elle est d'autant plus surbaissée que la clef est moins longue. On voit facilement que si on connaissait la compression des cales, ou le raccourcissement que la courbe éprouve relativement à une pression déterminée, on pourrait fixer la valeur du tassement correspondant à une longueur de clef donnée. Ce tassement serait d'autant plus grand que la courbe DE*d* serait plus surbaissée; or, plus le tassement est considérable, plus on doit craindre qu'il ne soit pas bien régulier, et que la forme de la voûte ne se trouve altérée; on est donc entraîné par cette considération à chercher à le diminuer en donnant à la clef plus d'épaisseur qu'elle ne devrait en avoir.

Pour éclaircir ces dernieres considérations, on en fera l'application au pont de Nemours, sur le Loing, sur la construction duquel M. Boistard, ingénieur des ponts et chaussées, a publié des détails. Il est composé de trois arches en arc de cercle, de 16,241 metres d'ouverture, et décrites avec un rayon de 30,21 metres. On voit que ces arches sont très-surbaissées : on leur a donné 975 millimetres d'épaisseur à la clef, et la pression horizontale qu'elle supporte est de 48000 kilogrammes pour un metre de longueur de la voûte, en supposant que le pont soit

(1) Voyez le chapitre suivant.

construit avec la pierre dont il a été question précédemment (1). Le tassement a été de 203 millimetres, ce qui est, à très-peu de chose près, la quantité prévue par l'ingénieur, et, par conséquent, la voûte est revenue à la forme qu'on voulait lui donner. La courbe des points d'appui des voussoirs, que nous supposerons être un arc de cercle passant par les naissances et par le milieu de l'extrados, avait, avant le tassement, au moyen du surhaussement donné au cintre, 8,6218 metres de longueur pour une demi-voûte ; elle s'est réduite à 8,5328 metres : ainsi, par l'effet du resserrement des joints, elle a éprouvé un raccourcissement de 88 millimetres.

Supposons que l'on réduise la voûte à 35 centimetres d'épaisseur, ce qui est encore trois fois plus considérable que la pression ne l'exigerait, la courbe passant par les points d'appui se trouvera réduite à 8,2596 metres ; et, pour qu'elle pût avoir éprouvé, par l'effet du tassement, un raccourcissement de 88 millimetres, il aurait fallu que sa longueur primitive eût été de 8,3476 metres, ce qui exigerait que l'on eût surhaussé la voûte de 334 millimetres, c'est-à-dire, près de deux fois plus qu'elle ne l'a été dans l'exécution.

On voit donc qu'en rapprochant la longueur de la clef de celle qu'elle devrait avoir pour résister seulement à la pression à laquelle elle est exposée, on augmente la valeur du tassement vertical ; mais comme, en faisant cette réduction, on peut dimi-

(1) On a fait cette supposition parce que M. Boistard n'a point indiqué la résistance spécifique de la pierre qu'il a employée. Elle n'influe d'ailleurs en rien sur le résultat du calcul, qui n'a été appliqué à un exemple que pour fixer les idées, et que l'on peut regarder comme entièrement hypothétique.

nuer la masse de la voûte, et par conséquent la valeur même de cette pression, il peut se faire que les joints étant alors moins pressés, leur resserrement devienne moins considérable, et que ces deux effets se compensent en partie mutuellement. Le calcul ne peut rien apprendre de précis sur ce sujet, parce qu'on ne sait point quel est le resserrement des joints relativement aux différentes pressions auxquelles ils sont exposés.

Il ne paraît pas, d'après ce qui précede, que l'on puisse établir actuellement aucune regle pour fixer l'épaisseur des voûtes des ponts, et cette question d'ailleurs ne semble pas susceptible d'une solution générale, puisqu'elle dépend évidemment de la nature des matériaux, et du genre de construction qu'on adopte. Si les voussoirs étaient posés à la maniere des anciens, et que les joints fussent usés et polis au grez, il y aurait moins d'arbitraire : on pourrait supposer alors que les voûtes ne peuvent éprouver aucun mouvement après leur construction, et il suffirait de faire entrer en considération la force de la pierre, et l'altération plus ou moins grande qu'elle est susceptible de recevoir par l'effet du temps et des dégradations accidentelles. Mais dans la méthode presque universellement reçue, le calcul ne peut être appliqué, faute d'expériences, à tous les éléments qu'il faudrait y faire entrer. Il faut donc se borner à déduire des exemples laissés par les constructeurs les plus hardis, les regles d'après lesquelles on sera guidé sur ce sujet.

On a vu que l'épaisseur d'une voûte dépendait principalement de la pression horizontale que sa clef doit supporter, et du tassement vertical que cette voûte doit prendre, relativement à cette pression. Ces deux choses dépendent elles-mêmes de la masse que la voûte est destinée à soutenir, et du surbaissement

de l'arc du sommet compris entre les points de rupture; et il est évident que la clef doit être d'autant plus longue que la corde de cet arc est plus considérable, et que sa fleche est moins grande.

Dans deux voûtes où le rapport de la fleche à la corde serait le même, l'épaisseur serait naturellement proportionnelle à la grandeur de cette corde; mais il n'est pas aussi aisé de voir comment cette épaisseur doit varier relativement au plus ou moins grand surbaissement de la voûte. L'exemple des ponts connus peut seul donner quelques lumieres à cet égard. C'est dans cette vue qu'on a formé le tableau suivant qui contient quelques exemples choisis parmi des ouvrages assez hardis (1).

INDICATION DES PONTS.	RAPPORT DE LA FLECHE A LA CORDE DE L'ARC COMPRIS ENTRE LES POINTS DE RUPTURE.	RAPPORT DE L'ÉPAISSEUR
Pont de Nemours, sur le Loing	0,055.	0,080.
Pont de Pont-Sainte-Maxence	0,083.	0,062.
Pont de Neuilly	0,131.	0,048.
Pont de marbre, à Florence	0,215.	0,038.
Pont de Vieille-Brioude	0,307.	0,031.

(1) Ce tableau peut fournir une regle pratique simple et commode. On peut rapporter les nombres contenus dans les deux colonnes à deux axes tracés sur un plan, en regardant le nombre de la premiere colonne comme des abcisses, et ceux de la seconde comme des ordonnées, et construire la courbe qui passerait par les extrémités de ces dernieres. Cette courbe qui est assez suivie, servira à déterminer, par le moyen d'ordonnées intermédiaires, les épaisseurs des voûtes que l'on aura à construire.

On voit que le rapport de l'épaisseur de la voûte à la corde de l'arc compris entre les points de rupture, diminue à mesure que la fleche du même arc augmente, et que cette diminution se fait assez régulièrement. Il sera facile, au moyen de ce tableau, de déterminer l'épaisseur qu'il faudra donner à la voûte du pont qu'on projette, en ayant soin d'ailleurs de ne point perdre de vue les circonstances qui influent nécessairement sur les déterminations semblables, telles que la qualité de la pierre, le mode de construction, le soin avec lequel l'ouvrage pourra être surveillé, etc. Il faut observer aussi que, dans aucun cas, cette épaisseur ne peut être moindre de 30 à 40 centimetres (1).

(1) Le lecteur aura sans doute remarqué que, par le moyen du tableau précédent, on ne lui offre ici, pour fixer l'épaisseur d'une voûte à la clef, qu'une regle purement empirique. Cette regle suppose en effet que la corde qui joint les points de rupture, et conséquemment la position de ces points, est connue d'avance, tandis que, en général, la longueur de la clef est un des éléments qui servent à déterminer cette position. Ainsi, la méthode précédente ne peut recevoir rigoureusement son application que dans les cas où la place des points de rupture est donnée par la forme même de l'arche, comme dans les voûtes en arc de cercle. Cependant, dans les autres cas, on pourra, sans qu'il puisse en résulter des erreurs dangereuses, adopter, pour les points de rupture, la position qu'on trouvera déterminée, pour les différentes epeces de voûtes, dans la seconde section du chapitre suivant.

NOTE

Sur la maniere d'évaluer la résistance de la pierre.

La résistance de la pierre peut être considérée de plusieurs manieres différentes. On peut demander, 1° quel sera le poids qu'une pierre encastrée à l'une de ses extrémités pourra soutenir à l'autre; 2° en la supposant posée entre deux surfaces horizontales, quel fardeau elle pourra porter sans s'écraser ou sans s'éclater sous la charge; 3° en la supposant retenue verticalement par la partie supérieure, quel poids on pourrait suspendre à l'extrémité inférieure sans forcer la pierre à se séparer.

Il est rare que dans la disposition des édifices on suspende des fardeaux aux extrémités des pierres; il arrive toujours au contraire, soit dans la construction des points d'appui, soit dans celle des voûtes, que les pierres se trouvent pressées entre deux surfaces paralleles. Aussi, quoiqu'on ait fait quelques expériences sur la résistance des pierres retenues à l'une de leurs extrémités, la recherche de leur force considérée sous ce point de vue est à peine commencée, tandis qu'on peut regarder actuellement celle de la résistance des pierres posées à plat, sinon comme entièrement complete, du moins comme très-avancée.

Il n'y a pas très-long-temps que l'on a cherché à se rendre compte du poids que les pierres sont susceptibles de soutenir; et si on considere la grande épaisseur que les anciens ont donnée par-tout aux points d'appui de leurs édifices, on sera porté à croire qu'ils n'avaient que peu d'idée de la résistance des matériaux qu'ils employaient. La hardiesse des architectes du moyen âge, qui ont quelquefois fait porter des masses considérables sur des colonnes très-minces et très-élevées, pourrait au contraire faire penser qu'ils avaient étudié sous

ce rapport les propriétés de la pierre. Mais il n'est resté aucune trace des recherches qu'ils ont pu faire; et, d'après l'état des sciences dans les siecles barbares où ils ont travaillé, il est plus naturel de croire qu'en cherchant, sans trop de réflexion, à enchérir de légereté les uns sur les autres, ces architectes sont arrivés à des limites qu'il eût peut-être été possible de reculer encore. On a cité comme un des exemples les plus remarquables du peu de surface des points d'appui gothiques, deux colonnes de l'église de Toussaints d'Angers. Leur diametre est seulement de 30 centimetres, et leur hauteur de 7,8 metres. Elles soutiennent des voûtes d'arrêtes en ogive, dont les nervures sont en pierres de taille, et le poids porté par chacune d'elles est de 31300 kilogrammes.

Les discussions auxquelles le dôme de l'église de Sainte-Genevieve a donné lieu ont été l'occasion des premieres recherches qui aient été faites sur la résistance de la pierre. M. Patte publia, en 1770, un mémoire dans lequel il éleva des doutes sur la solidité des piliers de ce dôme, et assura qu'ils n'avaient pas une surface suffisante pour que la tour qui devait porter la coupole pût résister à sa poussée. Nous avons répondu, l'année suivante (1), à ces assertions en faisant voir qu'elles n'étaient point d'accord avec les regles connues jusqu'alors pour calculer la poussée des voûtes; et nous avons démontré, en appliquant ces regles d'une maniere plus exacte, que, non-seulement l'épaisseur des piliers était suffisante pour porter les voûtes projetées par Soufflot, mais que l'on pouvait supprimer les massifs, et conserver seulement les colonnes qui y étaient engagées.

Cette assertion supposait cependant que la pierre dont ces colonnes seraient composées ne s'écraserait point sous le poids considérable qu'elle aurait à soutenir; et comme cette derniere difficulté ne pouvait être résolue qu'autant qu'on connaîtrait exactement la force de la pierre, nous entreprîmes sur cet objet des expériences qui pou-

(1) Mémoire sur l'application des principes de la mécanique à la construction des voûtes. Dijon, 1771.

vaient alors être regardées comme entièrement neuves. Elles ont été publiées en 1774 dans le Journal de Physique de l'abbé Rozier.

Ces expériences ont été faites par le moyen d'une machine (Pl. XII, fig. 1) dont les pieces principales étaient un levier *a*, qui tournait à l'une de ses extrémités dans un boulon *b* fortement arrêté dans un poteau vertical, et qui soutenait à l'autre un plateau de balance; et dans une piece *c* taillée en coin par le dessus, qui se plaçait sous le levier à peu de distance de l'axe de rotation, et qui transmettait au parallélipipede de pierre *d* mis en expérience, l'effort exercé par les poids dont le plateau de balance était chargé.

La plupart des expériences furent faites sur des solides de pierre de 23 à 54 millimetres de grosseur, tirés des carrieres de Givry, petite ville située aux environs de Châlons-sur-Saône. Ces carrieres offrent des pierres de deux qualités principales : la premiere est blanche, médiocrement tendre, et ses lits ne sont pas bien marqués; sa pesanteur spécifique est 2,071 : la seconde est rouge, assez dure, et ses lits sont bien marqués; sa pesanteur spécifique est 2,357. D'après les résultats moyens des épreuves, la pierre tendre de Givry commençait à s'écraser sous un poids de 2884 kilogrammes pour 25 centimetres quarrés, et la pierre dure sous un poids de 7697 kilogrammes.

Le célebre Soufflot ayant eu connaissance de ces expériences, fit construire en fer une machine semblable à la mienne, par le moyen de laquelle il écrasa un grand nombre de pierres de diverses especes. Ce travail était fait en commun avec Perronet, qui construisit vers le même temps, pour l'école des ponts et chaussées, une troisieme machine à laquelle il adapta un appareil qui la rendait propre à reconnaître aussi la force de cohésion des métaux.

On s'aperçut, dans le cours des expériences, que lorsque le plateau de balance était chargé d'un poids un peu considérable, le frottement qui s'exerçait en *b* sur l'axe de rotation du levier devenait très-fort et influait sensiblement sur les résultats. Il arrivait aussi que la pierre, diminuant un peu de hauteur avant de s'écraser tout-à-fait, n'était plus pressée verticalement par la piece *c*, à cause du léger mouvement

que le levier était alors obligé de prendre autour de son point d'appui. Ces défauts de la machine tendaient à faire croire le poids nécessaire pour écraser les pierres beaucoup plus fort qu'il ne devait être effectivement, et d'autant plus que les pierres étaient plus dures. Ils ont été corrigés dans une nouvelle machine (Pl. XII, fig. 2) imaginée par M. Rondelet (1), et dans laquelle les solides de pierre, mis en expérience, sont pressés par le moyen d'une vis *a* dans une direction constamment verticale. Le mouvement est transmis à la vis par le moyen d'une corde *b b* qui passe sur un quart de cercle *h h* adapté à son axe et sur une poulie de renvoi *c*, et qui porte un plateau de balance *d* que l'on charge de poids.

On voit que les poids dont le plateau *d* est chargé ne peuvent pas faire juger exactement de la résistance du solide de pierre *e*, mis en expérience, puisqu'une partie de ces poids est employée à surmonter les résistances causées par la machine, et principalement le frottement de la vis dans son écrou. M. Rondelet a employé, pour évaluer ces résistances, un moyen assez ingénieux, et qui consiste à mettre en équilibre l'effort de la vis avec celui du levier *f f*, dont l'extrémité est chargée du plateau de balance *g*. Il est facile de connaître alors le rapport de la force appliquée au quart de cercle *h h*, représentée par le poids du plateau *d*, à l'effort exercé en *e* par la vis sur la pierre mise en expérience, lequel est indiqué par celui du levier *f f* (2).

(1) Traité de l'art de bâtir, tome 3, page 78.

(2) Ce rapport qui n'est point constant dépend nécessairement de la pression plus ou moins grande que l'on exercera sur le solide mis en expérience. M. Rondelet qui a cherché à le déterminer, en chargeant successivement l'extrémité du levier *f f* de 60, 80, 120, 130, et 150 kilogrammes, l'a toujours trouvé, à très-peu de chose près, égal à $\frac{1}{140}$. Il est vraisemblable que ce rapport aurait varié si on eût employé des poids plus forts. Il ne doit pas non plus être le même dans les divers états de la machine qui peut être graissée avec plus ou moins de soin, ou depuis un temps plus ou moins long. Ces considérations peuvent faire entrevoir quelque incertitude dans les résultats des expériences; ce qui n'empêche point qu'elles ne fournissent aux constructeurs des connaissances très-précieuses.

Les expériences faites par le moyen de cette machine ont présenté moins d'irrégularités; les pierres se sont écrasées plus également, et les plus dures ont exigé des pressions beaucoup moins considérables que dans les anciennes expériences. C'est d'après les résultats qu'elles ont fourni que M. Rondelet a donné les tables, n° 1 et n° 2, que l'on trouvera à la fin de cette note. L'ensemble de ces résultats conduit à des indications générales que nous allons exposer.

Les diverses qualités des pierres, telles que la dureté, la pesanteur spécifique, la couleur plus ou moins foncée, etc., ne peuvent pas faire juger exactement de leur résistance, que l'on ne peut connaître dans chaque cas que par des expériences particulieres. Les pierres dures, qui souvent sont composées de parties plus ou moins liées entre elles, sont alors fragiles et se brisent avec beaucoup de facilité; et même, parmi les pierres dures homogenes, celles que les ouvriers nomment fieres, et qui s'écrasent avec beaucoup de peine, n'ont besoin que d'une force peu considérable pour s'éclater quand elles ne sont pas pressées bien également sur toute leur surface.

On peut distinguer dans les pierres, relativement à la maniere dont elles cedent aux pressions qu'elles supportent, deux qualités principales. Les pierres dures dont le grain est fin, l'aggrégation homogene et compacte, se divisent avec bruit en lames ou en aiguilles verticales avant de se réduire en poussiere. Les pierres tendres qui n'ont pas ces qualités au même degré, se divisent d'abord en pyramides qui ont pour bases les faces du solide, et dont le sommet est au centre : les deux pyramides verticales écartent les autres en agissant comme des coins; elles se partagent toutes en petits prismes verticaux, et finissent par tomber également en poussiere. Il est important d'avoir égard à la maniere dont une pierre s'écrase, quand on veut juger exactement de sa qualité. Il est rare en effet que dans les constructions les pierres portent exactement sur toute la surface de leurs plans de joint. Elles sont donc exposées souvent à se fendre et à s'éclater, et une pierre dure peut s'éclater plus facilement qu'une pierre tendre, quoiqu'elle paraisse offrir une plus grande résistance,

si on a seulement égard au poids qui est nécessaire pour écraser l'une et l'autre.

Il est également important de remarquer que dans les expériences où on augmentait successivement la pression à laquelle les pierres étaient soumises, la plupart ont manifesté de légeres fentes avant d'être chargées de tout le poids qui a été nécessaire pour les écraser. En laissant agir la charge pendant un ou deux jours, la pierre s'écrasait alors sous un poids moins considérable. Ainsi il n'est pas possible dans les constructions de supposer la force des pierres égale à celle qui est indiquée dans les tableaux ci-dessous qui contiennent les poids sous lesquels elles se sont écrasées; et il paraît même qu'en leur accordant le tiers de cette force, comme on a fait dans le texte, on courrait encore des risques dans beaucoup de cas.

On peut cependant remarquer à ce sujet que des masses de pierre comme celles qu'on emploie dans les constructions, doivent offrir une plus grande résistance spécifique que les cubes isolés de cinq centimetres de côté sur lesquels les expériences ont été faites, et par conséquent qu'il ne peut y avoir aucun danger à leur faire porter le tiers du poids sous lequel ces cubes se sont écrasés. Cette remarque est même confirmée par quelques-unes de nos anciennes expériences qui paraissent indiquer que la résistance des pierres augmente dans un plus grand rapport que les surfaces de leurs bases; en effet, les premiers éclats se font ordinairement à la circonférence, d'où ils s'étendent jusques vers le centre de la pierre, et il paraît naturel de penser que, moins cette circonférence sera grande relativement à la surface, et plus la pierre doit résister. Mais on peut faire une autre observation qui doit au moins balancer celle-ci : c'est que les pierres ne portent presque jamais exactement sur toute la surface de leurs lits; dans les cas même où elles sont posées sans cales, cette condition est très-difficile à obtenir. De plus, il est rare que la pression à laquelle les pierres sont soumises, agisse dans une direction exactement perpendiculaire à la surface des plans de joint : dans les voûtes et dans les murs de terrasse, par exemple, l'un des côtés de

la pierre est toujours plus pressé que l'autre, et quelquefois même (comme cela arrive près des points de rupture) la pression presque entiere est portée par une seule arrête. Il faut donc que la surface totale de la pierre soit assez considérable pour que l'effort qu'une seule de ses portions doit supporter, puisse cependant se répartir sur un assez grand espace. Il paraît au surplus qu'il est impossible d'établir aucune regle générale sur la proportion qui doit exister entre le poids porté par les pierres dans les expériences, et celui dont on peut les charger dans les constructions : cette proportion dépend évidemment de la nature de la pierre et de la maniere dont elle est employée ; et si on veut avoir sur ce sujet quelques notions plus ou moins exactes, il nous paraît qu'on doit les chercher dans l'examen des édifices qui passent pour les plus hardis. On peut prendre pour exemple les colonnes de l'église de Toussaints d'Angers, dont nous avons déja fait mention. La surface du cercle qui leur sert de base est de 706,95 centimetres quarrés; ainsi le poids porté par 25 centimetres quarrés de cette surface, est de 1107 kilogrammes. Ces colonnes sont construites avec la pierre désignée sous le n° 12 de la table n° 1 : un cube de cette pierre de 5 centimetres de côté s'est écrasé sous une pression de 10940 kilogrammes. Ainsi la pierre de ces colonnes qui est employée dans des circonstances favorables, puisqu'elle est pressée dans une direction exactement verticale, et qu'ayant peu de surface il a été facile d'en bien tailler les joints, supporte cependant une charge près de dix fois moins considérable que le poids sous lequel elle s'est écrasée dans les expériences.

La construction des piliers du dôme de Sainte-Génevieve, considérée sous le rapport de la force de la pierre comparée au poids qu'elle soutient, est plus hardie que celle des colonnes de l'église de Toussaints d'Angers. On sait que ces piliers sont construits en pierre dure de Bagneux dans la partie inférieure, et en pierre de Mont-Souris dans la partie supérieure. Les assises faites en pierre de Bagneux se sont considérablement fendues et lézardées; celles en pierre de Mont-Souris ont beaucoup mieux résisté. Le poids supporté par une surface

de 25 centimetres quarrés est dans les piliers de Sainte-Génevieve de 736 kilogrammes. Le poids sous lequel s'est écrasé un cube de 5 centimetres en pierre dure de Bagneux est de 6142 kilogrammes (1); le poids porté par un cube semblable en pierre de Mont-Souris a été de 3077 kilogrammes (2) : ainsi la pression supportée par la pierre de Bagneux, dans les piliers du dôme de Sainte-Génevieve, est huit à neuf fois moins considérable que celle qui est nécessaire pour l'écraser, et la pression supportée par la pierre de Mont-Souris est seulement quatre fois moins considérable. Il pourrait donc paraître étonnant que cette derniere ait mieux résisté que la précédente. Mais ce fait intéressant confirme ce qui a été dit ci-dessus, en démontrant qu'une pierre peut offrir plus de solidité qu'une autre, quoiqu'elle paraisse dans les expériences exiger un moindre poids pour être écrasée; et cela arrive toutes les fois que cette pierre est par sa nature moins sujette à se fendre et à s'éclater, lorsqu'elle ne se trouve pas pressée bien également. Ces circonstances se rencontrent effectivement ici, soit dans les qualités respectives des pierres de Bagneux et de Mont-Souris, soit dans la disposition vicieuse qu'on leur avait donnée dans les piliers du dôme de Sainte-Génevieve, où la pression supportée par chaque pierre ne pouvait pas se répartir également sur toute sa surface.

La pierre dure de Bagneux aurait certainement résisté dans les piliers du dôme de Sainte-Génevieve, si les pierres avaient exactement porté sur toute la surface de leurs joints, comme la pierre de Mont-Souris a résisté, malgré le vice de la construction, puisque rien alors n'eût forcé la pierre de Bagneux de se fendre. Cependant, comme ces piliers sont aussi chargés que les parties d'un édifice puissent l'être, relativement à la force des pierres dont elles sont construites, il ne paraît pas qu'il soit prudent de passer les limites qu'ils offrent sous ce rapport.

(1) Traité de l'art de bâtir, tome 3, page 84.

(2) *Idem*, page 90.

On a vu dans le texte que la pression supportée par la clef des voûtes du pont de Neuilly est de 141000 kilogrammes pour un metre de longueur, ou de 217 kilogrammes pour 25 centimetres quarrés. Un cube de 5 centimetres en pierre de Saillancourt, dont ces voûtes sont construites, s'écrase sous une pression de 2994 kilogrammes; ainsi il paraît que le poids porté est ici quatorze fois moins considérable que celui qui est nécessaire pour écraser la pierre. Mais il faut observer qu'à raison du tassement qui s'est fait dans ces voûtes, la charge n'est point également distribuée sur toute la hauteur de la clef : l'effort principal se fait près de l'arrête supérieure; et, quoiqu'il ne soit pas possible de juger exactement de la portion du poids total qui est portée par les parties voisines de cette arrête, il est à présumer, à raison du grand surbaissement des voûtes, que cette portion est très-considérable, et que le pont de Neuilly est un édifice aussi hardi sous ce rapport que sous tous les autres.

Les parties d'un bloc de pierre comprises entre ses lits de carriere ne sont point exactement homogenes. Les expériences de M. Rondelet ont démontré que la pesanteur et la résistance spécifiques étaient plus considérables au milieu de la pierre, et allaient en diminuant à mesure que l'on s'approchait de ses lits supérieurs et inférieurs. La table n° 3 contient quelques-uns des résultats de ses expériences (1). Elles semblent indiquer que la résistance des solides tirés des divers parties d'une même pierre, est assez exactement proportionnelle à la troisieme puissance de leur pesanteur spécifique. Il paraît d'après cela qu'il est nécessaire, quand on cherche à évaluer la force d'une pierre, d'avoir égard à l'endroit de cette pierre, où le cube qu'on met en expérience était placé, et de faire briser plusieurs cubes qu'on aura soin de prendre à diverses distances des deux lits de carriere.

Nous avons dit ci-dessus qu'il paraissait résulter des nos anciennes expériences que la force de la pierre augmente dans un plus grand rapport que la surface de sa base; les résultats rapportés par M. Ron-

(1) Traité de l'art de bâtir, tome 3, page 83 et suivantes.

delet (1) s'accordent en général avec les miens (voyez la table n° 4); mais comme on n'a pas fait d'expériences sur des surfaces dont les dimensions fussent un peu considérables, et différassent beaucoup entre elles, il ne paraît pas qu'on puisse jusqu'à présent juger exactement de la maniere dont la résistance de la pierre augmente relativement à la surface de la base; et il est convenable dans les applications de supposer, comme on l'a fait dans cet ouvrage, leur rapport constant; ce qui d'ailleurs ne peut induire en aucune erreur dangereuse, parce qu'il paraît que cette hypothese est favorable à la résistance.

On connaît un peu plus positivement l'influence de la figure des bases sur la résistance des solides de pierre. Les expériences qui ont été faites dans la vue de reconnaître cette influence, ont démontré (voyez la table n° 5) que divers solides dont les bases avaient des aires égales, résistaient d'autant mieux que leur figure approchait davantage du cercle, et en général que, pour des figures peu différentes entre elles, la résistance était à-peu-près en raison inverse du périmetre.

Lorsque la base des solides reste la même, la hauteur influe beaucoup sur leur force. Une pierre très-mince se fend avec facilité; si elle a la forme d'un cube elle porte un poids plus considérable; mais si la hauteur augmente, la force qui d'abord augmentait aussi, finit par diminuer. Si un prisme vertical est divisé en plusieurs parties dans le sens de la hauteur, il résistera moins que s'il était d'une seule piece, sur-tout si ces parties ont peu d'épaisseur. On a rapporté, dans la table n° 6, les résultats des expériences que M. Rondelet a faites pour reconnaître les effets qu'offre la résistance des pierres, quand on la considere sous ce point de vue.

Nous avons exposé jusqu'ici les connaissances qu'on a acquises sur la force des pierres pressées entre deux faces paralleles. A l'égard des pierres encastrées par une de leurs extrémités, et dont l'autre extrémité

(1) Traité de l'art de bâtir, tome 3, page 94 et suivantes.

est chargée d'un poids, on a seulement quelques expériences isolées et peu propres à faire juger exactement de leur résistance. On trouve dans un mémoire de Coulomb (1) qu'une pierre blanche, d'un grain fin et homogene dont la surface de rupture était de 14,66 centimetres quarrés, a cédé sous un poids de 9,8 kilogrammes, agissant avec un bras de levier de 244 millimetres de longueur. Nous avons rapporté, dans notre Mémoire sur la charge que peuvent porter les pierres, les résultats de quelques expériences du même genre : un morceau de pierre dure de Givry, de 23 à 27 millimetres de grosseur, s'est cassé par l'effet d'un poids de 76 kilogrammes, agissant avec un bras de levier de 54 millimetres; un autre morceau de la même pierre de 18 à 41 millimetres de grosseur, posé sur le plat, s'est rompu par l'effet d'un poids de 70 kilogrammes, dont le bras de levier était de 41 millimetres.

Quant aux pierres soumises à l'action d'une force dont la direction est perpendiculaire au plan de rupture, Coulomb rapporte, dans le mémoire cité ci-dessus, que la pierre dont il s'est servi s'est rompue sous une charge de 359 kilogrammes par 25 centimetres quarrés. Nous avons reconnu que la pierre dure de Givry supportait avant de se rompre une charge de 503 kilogrammes par 25 centimetres quarrés, et la pierre tendre une charge de 184 kilogrammes.

Nous ajouterons, en terminant cette note, que quelques expériences paraissent indiquer que la pierre placée en délit est susceptible d'une plus grande résistance que la pierre posée sur ses lits de carriere. Mais plusieurs raisons s'opposent à ce que, dans les constructions, la pierre soit en général employée de cette maniere.

(1) Mémoires de Mathématique et de Physique présentés à l'Académie des Sciences. 1773.

TABLE N° 1.

Expériences faites sur la résistance de diverses especes de pierres.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
1.	Pierre de Caserte, en Italie	2,718.	14865.
2.	Pierre porc ou puante	2,660.	17030.
3.	Pierre de Choin de Fay	2,651.	15548.
4.	Pierre noire de Saint-Fortunat	2,649.	15668.
5.	Pierre du Mans, dite Roussart. N° 1	2,644.	6852.
6.	Pierre de Choin de Villebois, département de l'Ain	2,642.	14373.
7.	Lave du Vésuve	2,642.	15881.
8.	Pierre d'Istrie	2,618.	12807.
9.	Lave du Vésuve	2,600.	15180.
10.	Piperno dur	2,596.	14802.
11.	Pierre d'Ecomois, près du Mans	2,571.	11878.
12.	Pierre de Fourneux, près de Saumur	2,571.	10940.
13.	Pierre du Mans, dite Roussart. N° 2	2,568.	6219.
14.	Pierre grise, de Florence	2,557.	10556.
15.	Pierre de Milan, appelée *Beola*	2,552.	11557.
16.	Pierre bleue, de Florence, appelée *Serena*	2,528.	12392.
17.	Grès très-dur, roussâtre	2,517.	20337.
18.	Pierre de Pont Sainte-Maxence	2,500.	9615.
19.	Grès blanc	2,476.	23086.
20.	Pierre de Passy, appelée Grignard. N° 1	2,463.	6750.
21.	Pierre de la forêt de Compiegne. N° 1	2,460.	5470.
22.	Grignard de Passy. N° 2	2,454.	6564.
23.	Pierre de Sacé	2,443.	14971.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
24.	Cliquart de Meudon, près de Paris	2,439.	11977.
25.	Cliquart de Mont-Rouge, près de Paris	2,439.	8982.
26.	Liais de Bagneux, très-dur	2,439.	11113.
27.	Autre liais de Bagneux	2,433.	10653.
28.	Pierre de Chessy	2,431.	5067.
29.	Roche de Poissy. N° 1	2,415.	7543.
30.	Pierre de Saillancourt, dure. N° 1	2,408.	3536.
31.	Roche de Passy, très-dure. N° 1	2,382.	7016.
32.	Pierre blanche de Tournus, département de Saône et Loire	2,376.	5139.
33.	Cliquart de Vaugirard, près de Paris	2,375.	9616.
34.	Pierre travertine, de Rome	2,359.	7449.
35.	Pierre dure, de Givry, département de Saône et Loire	2,357.	4837.
36.	Roche de la chaussée de Saint-Germain, près de Paris	2,355.	2879.
37.	Banc franc, de Mont-Rouge	2,355.	6462.
38.	Pierre de Saint-Nom. N° 1	2,349.	7486.
39.	Pierre de Couson, département du Rhône	2,342.	4524.
40.	Pierre de Fécamp, près de Saint-Denis. N° 1	2,341.	3627.
41.	Pierre de l'abbaye du Val. N° 1	2,338.	4014.
42.	Pierre d'Angera, près de Milan	2,338.	8032.
43.	Pierre de Compiegne, de la carriere du Roi	2,323.	6967.
44.	Pierre de Fécamp, près de Saint-Denis. N° 2	2,325.	3454.
45.	Roche de Poissy, près de Saint-Germain. N° 2	2,317.	6334.
46.	Pierre d'Athée	2,314.	7082.
47.	Pierre d'Ermenonville	2,310.	7600.
48.	Roche grise, de Saint-Cloud. N° 1	2,308.	4549.
49.	Pierre de Passy. N° 2	2,305.	5807.
50.	Roche de Saint-Nom. N° 2	2,305.	7082.
51.	Roche d'Arcueil, près de Paris	2,304.	6334.
52.	Pierre de Compiegne. N° 2	2,301.	6794.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
53.	Pierre de Passy, appelée Ciel. N° 3	2,298.	5297.
54.	Pierre fine de Senlis, appelée Liais. N° 1	2,297.	6219.
55.	Roche de Passy. N° 5	2,296.	6424.
56.	Roche dure, de Châtillon, près de Paris	2,295.	4347.
57.	Roche grise, de Saint-Cloud. N° 2	2,294.	4433.
58.	Roche de Passy. N° 5	2,286.	6420.
59.	Pierre de Verbery. N° 1	2,272.	5815.
60.	Pierre de l'abbaye du Val. N° 2	2,261.	3685.
61.	Pierre de Saillancourt. N° 2	2,261.	2994.
62.	Roche franche, de Passy. N° 6	2,259.	4261.
63.	Pierre des Temples de Pestum	2,254.	5642.
64.	Pierre de Charenton. N° 1	2,253.	5642.
65.	Pierre de Verbery. N° 2	2,251.	5585.
66.	Pierre de Charenton. N° 2	2,248.	5585.
67.	Roche rouge, de Saint-Cloud. N° 3	2,240.	3694.
68.	Pierre de Saint-Denis. N° 1	2,238.	3167.
69.	Pierre *idem*. N° 2	2,237.	3109.
70.	Pierre de l'abbaye du Val. N° 3	2,238.	3512.
71.	Pierre de *Veggiu*, près de Milan	2,237.	5215.
72.	Roche rouge, de Saint-Cloud. N° 4	2,236.	3684.
73.	Pierre de Verbery. N° 3	2,234.	5470.
74.	Pierre de Milan, appelée *Ceppo di Brambata*	2,222.	2471.
75.	Pierre de Saint-Pierre d'Aigle, départem. de l'Aisne. N° 1	2,211.	4030.
76.	Pierre de Milan, appelée *Vigano*	2,203.	3397.
77.	Liais de Creteil. N° 1	2,201.	6186.
78.	Roche de Saint-Maur, près de Paris. N° 1	2,190.	4779.
79.	Pierre de Champigny	2,185.	6449.
80.	Pierre de Saint-Pierre d'Aigle. N° 2	2,184.	3857.
81.	Banc franc de la butte aux Cailles, près de Paris. N° 1	2,171.	3455.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
82.	Pierre de l'Ile-Adam. N° 1	2,170.	4022.
83.	Petit banc de la plaine d'Ivry. N° 1	2,168.	4434.
84.	Pierre de Saint-Maur, près de Paris	2,160.	5355.
85.	Pierre de Saint-Cloud. N° 5	2,157.	3339.
86.	Banc franc de Vernon, département de l'Eure. N° 1	2,155.	6173.
87.	Petit banc de la plaine d'Ivry. N° 2	2,154.	3684.
88.	Pierre de la forêt de Compiegne. N° 2	2,154.	3857.
89.	Pierre de Creteil. N° 2	2,153.	4911.
90.	Pierre de la plaine de Vitry, près de Paris. N° 1	2,149.	3915.
91.	Pierre de Charenton. N° 3	2,149.	4923.
92.	Pierre de l'Ile-Adam. N. 2	2,147.	3857.
93	Pierre grise, dite Molasse	2,147.	3915.
94.	Roche de Saint-Maur. N° 2	2,145.	4479.
95.	Pierre de la plaine de l'Hôpital. N° 1	2,141.	3224.
96.	Roche de Saint-Nom. N° 3	2,138.	5470.
97.	Roche de Saint-Cloud. N° 6	2,131.	3167.
98.	Pierre de la plaine d'Ivry, petit banc. N° 3	2,118.	3956.
99.	Pierre de Senlis. N° 2	2,114.	3915.
100.	Roche de la chaussée de Saint-Germain	2,109.	2994.
101.	Roche de la Butte aux Cailles. N° 2	2,105.	3800.
102.	Pierre de Saillancourt. N° 3	2,104.	2303.
103.	Pierre de Mont-Rouge, près de Paris	2,103.	4614.
104.	Roche d'Arcueil, près de Paris	2,094.	3052.
105.	Pierre de Gamelon, près de Compiegne. N° 1	2,092.	3800.
106.	Pierre de la plaine de l'Hôpital. N° 2	2,090.	4030.
107.	Roche douce, de Châtillon, près de Paris	2,083.	3339.
108.	Pierre de la plaine d'Ivry. N. 4	2,080.	3339.
109.	Pierre de Gamelon, près de Compiegne. N° 2	2,078.	3749.
110.	Pierre tendre, de Givry, département de Saône et Loire	2,071.	2188.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
111.	Pierre ferme, de Conflans. N° 1	2,067.	2245.
112.	Pierre de Vernon, appelée Bisard. N° 2	2,062.	5198.
113.	Pierre de la plaine de Vitry. N° 2	2,060.	3455.
114.	Pierre de Sainte-Maure, dans les environs de Tours	2,057.	4663.
115.	Pierre de Saint-Nom. N° 4	2,056.	4952.
116.	Pierre de l'abbaye du Val. N° 4	2,040.	3109.
117.	Pierre du faubourg Saint-Marcel, à Paris	2,026.	3109.
118.	Pierre de Bernay	2,025.	3109.
119.	Roche de Saint-Maur. N° 3	2,022.	3686.
120.	Pierre blanche de Seissel, département de l'Ain	2,020.	904.
121.	Pierre de Saint-Pierre d'Aigle. N° 3	2,013.	2994.
122.	Pierre de Vitry. N° 3	2,067.	3109.
123.	Roche rouge, de Saint-Cloud. N° 7	2,000.	2648.
124.	Pierre ferme, de Trossy, près de Saint-Leu	1,993.	3224.
125.	Pierre de Vernon. N° 3	1,992.	4837.
126.	Roche-Rouge de Saint-Cloud. N° 8	1,988.	2554.
127.	Pierre de la plaine de Vitry. N° 4	1,984.	2994.
128.	Pierre de la plaine de l'Hôpital. N° 3	1,973.	2936.
129.	Peperin de Rome	1,973.	5700.
130.	Pierre de Charenton	1,969.	3520.
131.	Pierre de Montesson, banc du Diable. N° 1	1,964.	1900.
132.	Pierre *idem*. N° 2	1,959.	1842.
133.	Pierre de Senlis. N° 3	1,948.	2994.
134.	Pierre de Crouy. N° 1	1,947.	2706.
135.	Pierre de la Butte aux Cailles. N° 3	1,946.	2361.
136.	Haut banc de l'abbaye Duval. N° 5	1,944.	2418.
137.	Pierre de Chinon	1,943.	2706.
138.	Pierre à plâtre, de Montmartre, près de Paris. N° 1	1,918.	1785.
139.	Pierre *idem*. N° 2	1,906.	1669.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
140.	Lambourde de Gentilly. N° 1	1,897.	2176.
141.	Lambourde du parc de Villeroy, près de Paris	1,878.	1649.
142.	Banc franc de Poissy. N° 3	1,876.	1900.
143.	Pierre de Crouy. N° 2	1,874.	2443.
144.	Pierre de Tonnerre, département de l'Yonne. N° 1	1,856.	3167.
145.	Pierre de Saillancourt. N° 4	1,855.	1525.
146.	Pierre de Vergelé. N° 1	1,831.	1496.
147.	Lambourde de Conflans. N° 2	1,819.	1407.
148.	Banc franc de Poissy. N° 4	1,814.	1669.
149.	Lambourde de Conflans. N° 3	1,802.	1390.
150.	Lambourde de Saint-Maur. N° 4	1,801.	1900.
151.	Pierre de Tonnerre. N° 2	1,785.	2764.
152.	Lambourde de Gentilly. N° 2	1,779.	1612.
153.	Banc franc de la Butte aux Cailles. N° 3	1,775.	1842.
154.	Lambourde de Saint-Maur. N° 5	1,771.	1785.
155.	Pierre de Conflans, banc royal. N° 4	1,771.	1382.
156.	Pierre de Tonnerre. N° 3	1,759.	2648.
157.	Lave tendre de Naples	1,716.	4014.
158.	Pierre de la Chaussée, près de Saint-Germain	1,712.	1324.
159.	Vergelé. N° 2	1,709.	1324.
160.	Pierre de Saint-Leu, département de l'Oise. N° 1	1,705.	1382.
161.	Pierre *idem*. N° 2	1,652.	1209.
162.	Pierre de Conflans. N° 5	1,637.	1102.
163.	Pierre *idem*. N° 6	1,634.	1094.
164.	Lambourde de Gentilly. N° 3	1,582.	1151.
165.	Lambourde de Montesson. N° 3	1,572.	690.
166.	Lambourde *idem*. N° 4	1,561.	575.
167.	Lambourde tirée près de Saint-Germain	1,560.	921.
168.	Pierre de Saint-Leu. N° 3	1,488.	690.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
169.	Tuf gris des environs de Saumur	1,396.	1118.
170.	Tuf de Naples. N° 1	1,302.	1303.
171.	Tuf blanc de Saumur	1,286.	667.
172.	Tuf de Naples. N° 2	1,265.	1173.
173.	Tuf de Rome	1,217.	1447.
174.	Pierre de Bouré	1,159.	822.
175.	Scorie du volcan des environs de Rome	0,891.	921.
176.	*Idem* de Naples	0,859.	831.
177.	*Idem*	0,790.	647.
178.	Pierre-ponce	0,675.	1053.
179.	Autre pierre-ponce	0,605.	863.
180.	Autre pierre-ponce	0,556.	690.

Situation et qualités de quelques-unes des pierres comprises dans la table précédente.

N° 1.

Cette pierre, dont on tire de très-grands blocs, se trouve près de Naples. Elle est dure, son grain est fin, sa texture compacte.

N° 3.

Cette pierre se trouve dans le département de l'Ain. Son grain est fin, sa couleur foncée; elle est susceptible d'un beau poli : on la tire en très-grands blocs, et l'on peut en former des plafonds de 5 à 6 metres de longueur.

N° 4.

Cette pierre est située au pied du Mont-d'Or, à un myriametre et

demi de Lyon. Elle est dure et coquilleuse; elle offre des veines rouges et bleuâtres; elle peut se poser en délit.

N°s 7, 9.

Ces laves, tirées du Vésuve, sont d'une couleur foncée et d'une grande dureté : on les trouve par blocs irréguliers, d'une grandeur moyenne.

N° 10.

Le *piperno* est une lave d'un gris foncé, d'un grain rude. Celle qui est indiquée sous le n° 10 se trouve près de Pouzzol.

N° 11.

Les carrieres de cette pierre sont situées à deux myriametres et demi du Mans. Elle est bleuâtre; le grain en est fin et compact ; la qualité en est bonne.

N° 12.

Cette pierre est d'un gris roussâtre, coquilleuse et très-dure.

N° 15.

Cette pierre vient de Bevera, auprès du lac Majeur. Elle est d'un gris, clair semé de paillettes brillantes et argentées; elle n'est point calcaire.

N°s 14, 16.

Cette pierre, dont la couleur est d'un gris-bleuâtre, vient de Fiesoles et de Ceseri, où elle se trouve en très-grandes masses. Son grain est fin, mais rude, et parsemé de parties brillantes. Elle fait feu avec l'acier.

N° 20.

Cette pierre a le grain plus fin que les autres roches des environs de Paris (On appelle roche une sorte de pierre dure et coquilleuse). Elle est blanche, mais sujette aux fils.

N° 21.

Cette pierre, qui se tire de la montagne de la Princesse, est grise, et ressemble à du grès. Son grain est fin, mais rude.

N° 23.

C'est une espece de granit, d'un gris bleuâtre tacheté de blanc. Il se tire à un myriametre et demi de Laval, dans le département de la Mayenne.

N°s 24, 25.

On nomme cliquart, dans les environs de Paris, une pierre dure moins fine que le liais.

N°s 26, 27.

On nomme liais, dans les environs de Paris, une pierre d'un grain très-fin, très-dure, blanche, homogene, et réunissant toutes les qualités des plus belles pierres. Le vrai liais, dont les carrieres sont actuellement épuisées, ne portait que 20 centimetres de hauteur de banc; celui de Bagneux et de Mont-Rouge, dont on fait actuellement usage, en porte 27 à 33.

N° 28.

Cette pierre se trouve dans le département du Rhône. Elle est d'un blanc-jaunâtre et d'un grain fin.

N° 29.

Cette roche, que l'on tire près de Saint-Germain, est aussi belle et a le grain aussi fin que le liais de Bagneux.

N° 30.

Les carrieres de Saillancourt, dont la pierre a servi pour le pont de Neuilly, sont situées aux environs de Pontoise. Elles en fournissent de quatre especes différentes, dont le grain est plus ou moins grossier, et plus ou moins mêlé de parties étrangeres.

N° 34.

Cette pierre, employée à Rome dans presque tous les temples antiques et les églises modernes, a le grain très-fin, mais elle est persillée. Sa couleur est foncée; elle est dure, et résiste aux intempéries de l'air.

N° 37.

Les pierres nommées banc-franc, à Paris, viennent, pour la dureté et la finesse du grain, après le cliquart. Leur hauteur de banc est de 32 à 40 centimetres.

N° 38.

Les carrieres de cette pierre sont situées dans le parc de Versailles. Elle ressemble à la roche de Bagneux, pour la couleur et la finesse du grain.

N° 40.

Cette pierre est généralement aussi belle que les roches de Bagneux et de Mont-Rouge. Quelques-uns de ses bancs sont aussi beaux que le liais.

N° 41.

Cette pierre, qu'on trouve près des bords de l'Oise, a le grain très-fin. Elle est blanche et d'une dureté moyenne.

N° 43.

Cette pierre est un peu grise et coquilleuse. Sa hauteur de banc est de 65 centimetres.

N° 46.

Cette pierre se trouve dans les environs de Tours. Elle est dure, coquilleuse et persillée.

N° 48.

Cette roche est rousse et coquilleuse, mais de bonne qualité. Les colonnes de la cour du Louvre et des Tuileries, d'une seule piece, sont faites avec cette pierre, qui résiste bien, quoique posée en délit.

N° 51.

La roche d'Arcueil a le grain plus fin que celle de Bagneux; mais elle est plus coquilleuse.

N° 59.

Cette pierre, qui se tire aux environs de Compiegne, a, comme le liais de Senlis, le grain aussi fin que le liais de Paris; mais elle est moins dure, et la couleur en est moins foncée. Elle a depuis 20 jusqu'à 25 centimetres de hauteur de banc.

N° 63.

Les temples de Pestum sont construits avec une pierre calcaire, dure, ressemblant au travertin de Rome; mais moins belle et remplie de trous.

N°s 64, 68.

Ces pierres ressemblent à celles que l'on tire d'Arcueil et de Bagneux, et qui portent le nom de banc-franc.

N° 71.

Cette pierre, tirée aux environs de Milan, est d'un gris clair. On l'emploie aux façades des grands édifices.

N° 74.

Elle ressemble à la pierre de *Veggìu*, mais son grain est un peu plus gros.

N° 76.

La couleur de cette pierre est plus foncée que celles des n°s 71 et 74; mais elle est rude et parsemée de points noirs.

N° 78.

Cette roche est bonne, sans être belle; elle porte 60 centimetres de hauteur de banc.

N° 79.

On trouve cette pierre dans les environs de Saumur. Elle ressemble

à celle du n° 12, mais elle est plus coquilleuse; elle a servi pour la construction du pont.

N° 82.

C'est une roche coquilleuse, rougeâtre, de 40 centimetres de hauteur de banc. On la trouve sur l'Oise, à 4 ou 5 myriametres de Paris.

N°s 83, 90.

Les plaines d'Ivry et de Vitry contiennent diverses especes de pierres, distinguées par le degré de dureté, et comprises sous la dénomination générale de banc-franc.

N° 93.

Cette pierre, qui se tire à Château-Neuf, département de l'Isere, et qu'on emploie à Valence et aux environs, dans le département de la Drôme, se taille facilement, et durcit à l'air. Elle sert à faire des jambages de portes et des âtres de cheminées.

N° 95.

Cette pierre, qu'on trouve aux environs de Paris, se rapproche de celles qui sont désignées sous les n°s 83 et 90.

N° 103.

Cette pierre, comprise sous la dénomination de cliquart, se trouve aux environs de Paris. Sa hauteur de banc est plus considérable que celle des cliquarts d'Arcueil et de Bagneux. Elle est rougeâtre, et son grain est aussi moins fin.

N° 111.

Les carrieres de Conflans-Sainte-Honorine, sont situées près du confluent de la Seine et de l'Oise. Elles fournissent la plus belle pierre tendre qu'on emploie à Paris. Sa hauteur de banc varie de 1,3 à 2,3 metres. Les pierres d'angle du fronton de Sainte-Génevieve sont faites avec cette pierre.

N° 114.

Cette pierre, tirée des environs de Tours, est moyennement dure; son grain est fin et compact. Elle se taille proprement.

N° 117.

Cette pierre, des environs de Paris, est appelée haut-banc; son grain est moins beau que celui du banc-franc. La hauteur de banc varie de 54 à 65 centimetres.

N° 124.

C'est une des pierres tendres, des environs de Paris, les plus estimées; elle égale en beauté la pierre de Conflans.

N° 129.

C'est une espece de lave grise qui se trouve dans les environs de Rome. Elle est moins dure que le travertin, mais plus difficile à tailler, à raison des points noirs et très-durs dont elle est remplie.

N° 130.

Cette pierre est comprise dans les bancs francs.

N° 131.

La carriere de Montesson est située près de Saint-Germain. La pierre n° 131 est moyennement dure et d'un gros grain. D'autres bancs fournissent de la lambourde : on nomme lambourde, dans les environs de Paris, une pierre tendre, d'un grain grossier, dont la hauteur de banc varie de 65 centimetres à un metre.

N° 134.

Cette pierre, que l'on trouve dans le département de l'Aisne, est peu dure, blanche, et offre une hauteur de banc qui va jusqu'à 84 centimetres.

N° 137.

Elle est située dans le département d'Indre et Loire, son grain est moyennement gros et rude. Elle est mêlée de coquillages.

N° 140.

La lambourde de Gentilly est la plus grossiere des pierres qui portent ce nom. Sa hauteur de banc varie de 32 à 36 centimetres.

N° 144.

La pierre de Tonnerre, que l'on trouve dans le département de l'Yonne, est une des plus belles pierres tendres; son grain est extrêmement fin, sa couleur d'un beau blanc : on la réserve pour la sculpture. Elle a 43 à 46 centimetres de hauteur de banc.

N° 146.

Cette pierre, que l'on emploie à Paris, est grossiere; elle résiste cependant assez bien à l'air et à l'eau. Il y a quelques bancs plus tendres que celui désigné sous ce n° et sous le n° 159.

N° 158.

Cette pierre, dont les carrieres sont situées près de Saint-Germain-en-Laye, est une espece de roche coquilleuse. Elle porte jusqu'à 54 centimetres de hauteur de banc.

N° 160.

C'est une des pierres tendres du département de l'Oise. On l'emploie souvent à Paris; son grain est gros, sa texture inégale. Sa hauteur de banc varie de 65 centimetres à un metre.

N° 174.

Cette pierre se trouve près de Montrichart, dans le département de Loir et Cher. Elle est tendre, légere, et d'un blanc-roux.

TABLE N° 2.

Expériences faites sur la résistance de diverses especes de marbres, basaltes, porphyres, et granits.

Numéros des pierres.	NOMS DES DIFFÉRENTES ESPECES DE PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par un cube de 5 centim.
			kilogram.
1.	Basalte de Suede	3,065.	47809.
2.	Basalte d'Auvergne	3,014.	44250.
3.	Autre basalte d'Auvergne	2,884.	51945.
4.	*Idem*	2,756.	28858.
5.	Porphyre	2,798.	50021.
6.	Granit vert, des Vosges	2,854.	15487.
7.	Granit gris, de Bretagne	2,737.	16353.
8.	Granit feuille morte, des Vosges	2,664.	20482.
9.	Granit de Normandie, dite Gatmos	2,662.	17555.
10.	Autre, dite du Champ de Boul	2,643.	20441.
11.	Granit rose oriental	2,662.	22004.
12.	Granit gris, des Vosges	2,640.	10581.
13.	Marbre noir, de Flandre	2,721.	19719.
14.	Marbre de Flandre, dit Cervelas	2,720.	10100.
15.	Marbre blanc veiné	2,701.	7455.
16.	Marbre blanc statuaire	2,695.	8176.
17.	Marbre blanc veiné, dit Pouf	2,687.	6493.
18.	Marbre bleu turquin	2,672.	7695.

TABLE N° 3.

Expériences faites sur la résistance de cubes de 5 centimetres de côté, pris à différentes distances des lits supérieurs et inférieurs de la pierre.

INDICATION DES PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par chaque cube.
		kilogrammes.
Pierre de liais.		
1er rang, à partir du lit inférieur	2,340.	8328.
2e rang	2,353.	8408.
3e rang	2,403.	9136.
4e rang	2,386.	8882.
5e rang	3,364.	8452.
Banc-franc du fond de Bagneux.		
1er rang, à partir du lit supérieur	2,203.	6200.
2e rang	2,229.	6417.
3e rang	2,255.	6732.
4e rang	2,207.	6269.
5e rang	2,165.	5874.
6e rang	2,116.	5363.
Roche dure de Châtillon, premiere qualité.		
1er rang, à partir du lit supérieur	1,977.	3090.
2e rang	2,239.	4502.
3e rang	2,298.	4797.
4e rang	2,307.	4992.
5e rang	2,396.	5542.
6e rang	2,350.	5412.
7e rang	2,342.	5320.

INDICATION DES PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par chaque cube.
		kilogrammes.
8e rang	2,312.	5127.
9e rang	2,213.	4462.
10e rang	2,005.	3250.
11e rang	1,945.	2854.
12e rang	1,882.	2492.
Pierre de Mont-Souris.		
1er rang, à partir du lit supérieur	2,045.	2731.
2e rang	2,183.	3328.
3e rang	2,221.	3591.
4e rang	2,236.	3611.
5e rang	2,224.	3566.
6e rang	2,169.	3359.
7e rang	2.041.	2755.
8e rang	2,036.	2732.
9e rang	2,008.	2607.
10e rang	1,976.	2491.

TABLE N° 4.

Expériences faites dans la vue de reconnaître dans quel rapport la résistance des solides de pierre augmente, relativement à la surface de leurs bases.

Nota. Toutes ces expériences ont été faites sur des solides dont la forme était un cube.

INDICATION DES PIERRES.	Pesanteur spécifique.	Aires des bases.	POIDS portés par chaque cube.	POIDS proportionnels aux bases.
		centimetres quarrés.	kilogram.	kilogram.
Pierre franche du fond de Bagneux	2,255.	9.	2423.	2423.
		16.	4263.	4308.
		25.	6650.	6732.
		36.	9775.	9694.
Pierre de Tonnerre	1,786.	9.	1053.	1053.
		16.	1817.	1872.
		25.	3119.	2925.
		36.	4423.	4212.
Pierre de Conflans-Sainte-Honorine	1,782.	9.	495.	495.
		16.	874.	880.
		25.	1387.	1375.
		36.	2023.	1980.

TABLE N° 5.

Expériences faites dans la vue de reconnaître l'influence de la figure des bases sur la résistance des solides de pierre.

Nota. L'aire de la base du solide, dans toutes les expériences ci-dessous, est égale à 15 centimetres quarrés. La forme du solide est un prisme ou un cylindre vertical.

INDICATION DES PIERRES ET DE LA FIGURE DES BASES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par chaque solide.
		kilogrammes.
Pierre de Conflans, premieres expériences.		
La base est un quarré		863.
La base est un rectangle de 2 sur 8 centimetres		821.
Pierre de Conflans, secondes expériences.		
La base est un cercle		917.
La base est un quarré		866.
La base est un triangle équilatéral		789.
La base est semblable à celle des piliers de Ste.-Genevieve		703.

TABLE N° 6.

Expériences faites sur des solides de pierre de différentes hauteurs, et sur des solides de pierre divisés en plusieurs parties dans le sens de leur hauteur.

Nota. Ces expériences ont été faites sur des cubes de 5 centimetres de coté, et sur des prismes verticaux dont la base était égale à celle de ces cubes.

INDICATION DES ESPECES DE PIERRES ET DE LA FORME DES SOLIDES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par chaque solide.
Pierre de liais, fort dure.		
Un cube	2,388.	8851.
Deux cubes posés l'un sur l'autre		5411.
Trois cubes posés l'un sur l'autre		4780.
Pierre dure, du fond de Bagneux.		
Un cube	2,255.	6650.
Deux cubes posés l'un sur l'autre		4223.
Trois cubes posés l'un sur l'autre		3890.
Roche dure, de Châtillon.		
Un cube	2,342.	5138.
Deux cubes posés l'un sur l'autre		4010.
Trois cubes posés l'un sur l'autre		3853.
Roche de Châtillon, d'une dureté moyenne.		
Un cube	2,162.	3537.
Deux cubes posés l'un sur l'autre		2829.
Trois cubes posés l'un sur l'autre		2752.

INDICATION DES ESPECES DE PIERRES ET DE LA FORME DES SOLIDES.	Pesanteur spécifique.	Poids porté par chaque solide.
Roche de Châtillon, un peu plus dure que la précédente.		
Un cube	2,199.	3721.
Deux cubes posés l'un sur l'autre		2977.
Trois cubes posés l'un sur l'autre		2890.
Roche dure, de Châtillon.		
Un prisme de 10 centimetres de hauteur	2,346.	5164.
Le même prisme divisé en quatre parties		4431.
Le même prisme divisé en huit parties		3698.

CHAPITRE IV.

DE L'ÉPAISSEUR QU'ON DOIT DONNER AUX CULÉES DES PONTS.

On a réservé pour ce chapitre le développement de la théorie des voûtes en berceau, parce que la question que l'on y traite est la plus importante de toutes celles que cette théorie sert à résoudre. Mais avant de la mettre sous les yeux du lecteur, on va rapporter succinctement les principales recherches auxquelles elle a donné lieu.

Parent et de Lahire paraissent être les premiers savants qui s'en soient occupés, et la forme qu'il convient de donner aux voûtes est la premiere question qu'ils aient tenté de résoudre. Mais comme on n'avait pas encore observé à cette époque les effets de la poussée, et la maniere dont se fait la rupture des voûtes, on employa, pour appliquer le calcul, des hypotheses fausses, et qui ne s'accordaient point avec les véritables circonstances que présente cette rupture. On supposa d'abord que les plans de joint des voussoirs étaient parfaitement polis. Il résulte de-là que, pour que les parties de la voûte se soutiennent en équilibre, il faut que les pressions réciproques que les voussoirs exercent perpendiculairement à leurs lits se détruisent mutuellement. D'après cela, il est facile, l'épaisseur de la voûte au sommet étant donnée, ainsi que la

courbure de l'intrados, de déterminer celle de l'extrados de la voûte; et on voit sur le champ que, dans le cas où l'intrados serait un demi-cercle, on aurait pour l'extrados une courbe qui se prolongerait à l'infini, et à laquelle le diametre horizontal de ce demi-cercle servirait d'asymptote (1). D'où il suit que les voûtes en plein cintre ne pourraient pas se soutenir, à moins

(1) Supposons l'épaisseur de la voûte au sommet infiniment petite, et imaginons qu'elle est partagée en voussoirs par une infinité de plans de joint, faisant avec la verticale des angles représentés par α, α', α'', etc.; représentons par m, m', m'', etc., les poids des voussoirs correspondants, et par l'unité le rayon de la voûte. En décomposant le poids de chaque voussoir en deux forces respectivement perpendiculaires aux deux plans de joint qui le terminent, on trouvera facilement, pour la valeur de la pression exercée par le voussoir dont la masse est $m^{(n)}$ (les accents sont comptés à partir du sommet de la voûte) sur le voussoir dont la masse est $m^{(n+1)}$,

$$m^{(n)} \frac{\sqrt{(\text{tang.}^2\,\alpha^{(n)}+1)}}{\text{tang. }\alpha^{(n)}-\text{tang. }\alpha^{(n-1)}};$$

la réaction exercée par le voussoir dont la masse est $m^{(n+1)}$ aura pour expression

$$m^{(n+1)} \frac{\sqrt{(\text{tang.}^2\,\alpha^{(n+1)}+1)}}{\text{tang. }\alpha^{(n+1)}-\text{tang. }\alpha^{(n)}};$$

ces deux quantités devant être égales, pour que la voûte soit en équilibre, on aura

$$\frac{m^{(n)}}{\text{tang. }\alpha^{(n)}-\text{tang. }\alpha^{(n-1)}} = \frac{m^{(n+1)}}{\text{tang. }\alpha^{(n+1)}-\text{tang. }\alpha^{(n)}}.$$

Si l'on a $\alpha = \alpha' = \alpha'' = \text{etc.}$ les poids des voussoirs seront entre eux comme leurs longueurs. Ainsi, la courbe d'extrados doit être telle que la longueur d'un voussoir soit à celle du voussoir suivant, dans le rapport de la différence des tangentes des angles que ses plans de joint font avec la verticale. Or les différences de ces tangentes augmentent avec les tangentes elles-mêmes, et deviennent infinies quand les angles sont égaux à l'angle droit.

que le premier voussoir, à partir des naissances, n'eût une longueur infinie. Ces voûtes n'auraient alors aucune poussée, et tendraient, au contraire, à ajouter à la stabilité de leurs piédroits.

Si la voûte était extradossée d'égale épaisseur, ou si les voussoirs avaient tous la même longueur, l'équilibre ne pourrait subsister qu'autant qu'on aurait donné à la courbe de l'intrados une forme particuliere. On voit que si l'épaisseur de la voûte est infiniment petite, cette forme doit être une chaînette renversée, puisque la voûte pouvant alors être considérée comme un assemblage de spheres pesantes infiniment petites en contact les unes avec les autres, les conditions de l'équilibre sont absolument les mêmes que celles d'une corde pesante et inextensible.

Ces résultats ne pouvaient être d'aucune utilité pour la pratique par laquelle ils étaient évidemment démentis. Les premiers auteurs auxquels ils se présenterent voulant en obtenir qui lui fussent applicables, chercherent à déterminer l'épaisseur des culées, et Bernouilli même donna une solution de ce problême. Dans l'hypothese des plans de joint parfaitement polis, les voûtes où la tangente aux naissances n'est point verticale, sont les seules qui puissent avoir une poussée. Mais l'expérience ayant prouvé que les autres voûtes en avaient également une, il fallut recourir à une autre supposition pour en déterminer la valeur.

Dans un mémoire imprimé en 1712, dans l'histoire de l'Académie des Sciences, Lahire suppose qu'une voûte en plein cintre tend à se disjoindre aux points D,*d* (Pl. X, fig. 5), et que la partie supérieure DE*d* agit comme un coin pour renverser les deux parties inférieures, en glissant sur les points de rupture, et en faisant tourner ces parties inférieures sur leurs points

extrêmes K et *k*. D'après cette hypothese, on peut facilement déterminer l'effort que produit le poids de la partie supérieure de la voûte suivant une direction DV perpendiculaire au joint de rupture, et en exprimant que cette force est en équilibre autour du point K, avec celle qui résulte de la stabilité de la partie inférieure de la voûte, on obtient une équation qui sert à donner KB, ou l'épaisseur que le piédroit doit avoir pour résister à la poussée. On supposait dans le calcul que l'arc BD était égal à la moitié du quart de cercle, parce qu'on croyait avoir remarqué que la rupture des voûtes en plein cintre se faisait ordinairement vers l'angle de 50 grades. Mais cette supposition était entièrement arbitraire, et on a observé depuis que le calcul de Lahire donnait des épaisseurs de piédroit d'autant plus grandes, qu'on rapprochait davantage les joints de rupture du sommet F de la voûte.

Cette méthode pour déterminer l'épaisseur des culées des voûtes, a été admise par tous les savants qui se sont occupés de cette matiere. Bélidor, dans la science des ingénieurs, l'a appliquée à des voûtes de différentes especes, et elle a servi à calculer des tables qui ont paru dans le cours d'architecture de Blondel. On supposait que dans les voûtes en anse de panier décrites avec trois arcs de cercle, les joints de rupture étaient placés aux points de rencontre de ces arcs.

Dans un des mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année 1729, Couplet reprit la même théorie, et résolut, toujours dans l'hypothese des plans de joint parfaitement polis, les principales questions qu'on peut proposer sur les voûtes. Il examina même la pression qu'elles exercent sur leurs cintres, sujet que Pitot avait déja traité en 1726. Mais, dans un second

mémoire imprimé l'année suivante, Couplet chercha à établir la théorie des voûtes sur une hypothese entièrement contraire à celle qu'il avait d'abord adoptée. Il supposa que, dans la chûte d'une voûte, le frottement des joints des voussoirs était tel qu'ils ne pouvaient jamais glisser sur leurs lits, et que, pour se séparer les uns des autres, il fallait que leurs plans de joint s'écartassent en tournant autour d'une arrête. Il faisait d'ailleurs abstraction de la résistance que l'adhérence produite par les mortiers peut opposer à ce mouvement.

Quelque fausse que fût cette supposition, qui s'écarte autant de la vérité que la précédente, elle conduisait cependant son auteur à la véritable théorie des voûtes. Les observations et les expériences qui ont été faites depuis l'époque à laquelle il écrivait, ont appris effectivement que la considération du frottement n'entrait pour rien dans la nature de leurs mouvements, et que, dans ces différents mouvements, les voussoirs tournaient dans certains endroits autour de leurs arrêtes, tandis que leurs joints tendaient à s'ouvrir ou à se fermer. Mais les expressions auxquelles Couplet est parvenu sont tellement compliquées et si peu appropriées au calcul, qu'il ne paraît pas que personne en ait fait usage. Il faut remarquer aussi que la supposition sur laquelle elles étaient établies, quoique vraie par le fait, étant cependant fausse par le principe, on ne pouvait à cette époque lui accorder beaucoup de confiance.

Peu de temps après la publication des deux mémoires de Couplet, Danisy répéta devant l'académie de Montpellier, des expériences sur des modeles de voûtes en plâtre partagées en un certain nombre de voussoirs, et fit remarquer l'effet des poids dont il les chargeait et la maniere dont ils occasionnaient

la rupture. Ces expériences sont indiquées dans la coupe des pierres de Frezier, ainsi qu'une regle que leur auteur en avait déduite et dans laquelle il s'était moins attaché à l'exactitude qu'à la commodité des ouvriers, puisque dans la détermination de l'épaisseur des culées il négligait de faire entrer en considération la hauteur des piédroits, qui cependant y influe nécessairement. Ces expériences sont le premier germe de la véritable théorie des voûtes, mais elles étaient faites trop en petit, et le calcul ne paraît pas leur avoir été appliqué convenablement.

On trouve dans le recueil des Savants étrangers, pour l'année 1773, un mémoire de Coulomb, dans lequel il est question de l'équilibre des voûtes. Ce célebre physicien les considere successivement dans l'hypothese des joints parfaitement polis, et dans celle où le frottement et l'adhérence produite par les mortiers s'opposeraient à la disjonction des voussoirs. Dans ce dernier cas, il regarde d'abord la moitié DE de la partie supérieure de la voûte (Pl. X, fig. 6) comme un corps porté sur un plan incliné, et donne, en ayant égard à l'effet du frottement et de la cohésion, les limites entre lesquelles se trouve comprise la valeur d'une force horizontale agissant dans le sens E*i*, qui s'oppose au glissement de ce corps et le soutient sur le plan incliné DF. Il observe ensuite que la résultante des deux forces qui agissent sur la portion de voûte DE, doit nécessairement rencontrer DF entre les points D et F, et cette seconde condition fournit deux nouvelles limites entre lesquelles la valeur de la force horizontale doit être comprise. D'après cela, si on suppose que le frottement des joints soit assez considérable pour que la partie supérieure ne puisse point glisser sur DF, la seconde condition d'équilibre sera la seule qu'il faille prendre en

considération, et la valeur de la force horizontale se trouvera comprise entre le maximum de l'expression

$$B = \varphi \frac{Dp}{Di}$$

et le minimum de l'expression

$$B = \varphi \frac{lq}{Fl},$$

dans lesquelles B représente cette force, φ le poids de la portion de voûte DE, et Dp et lq les distances horizontales de son centre de gravité aux points D et F, autour desquels elle tend à tourner; ces maximum et minimum étant pris en faisant varier l'angle formé par le joint FD avec la verticale. Cette analyse ne laisse rien à desirer, et, pour la faire coïncider avec celle à laquelle on s'est trouvé conduit par les dernieres expériences sur la stabilité des voûtes, il suffit d'exprimer que la poussée horizontale de la voûte, telle qu'elle vient d'être déterminée, est en équilibre avec la résistance du piédroit DK, soit qu'il tende à tourner autour de l'arrête extérieure K, soit qu'il tende à glisser horizontalement sur sa base.

M. Bossut publia en 1774, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, des recherches sur l'équilibre des voûtes, dans lesquelles il reprit l'hypothese des joints infiniment polis, et la développa pour la détermination des conditions d'équilibre des voûtes en berceau et en dôme. Il chercha à déterminer, en admettant l'hypothese de Lahire sur la maniere dont se fait la rupture des voûtes et dont leur poussée s'exerce sur leurs piédroits, la forme qu'il faudrait donner à la face extérieure de ce piédroit, pour qu'il offrît dans tous les points de sa hauteur une égale résistance.

M. de Prony revint encore sur cet objet dans le premier

volume de son architecture hydraulique publié en 1790; et après avoir donné les différentes équations d'après lesquelles on déterminerait l'épaisseur des culées, la longueur des joints des voussoirs, la forme d'une voûte extradossée qui, dans l'hypothese reçue, doit être celle d'une chaînette pour que les voussoirs soient en équilibre, il introduisit dans la question la condition du frottement sur les joints, et montra comment, à raison de la modification qui en résulte dans l'équation d'équilibre, il n'est pas nécessaire de donner au joint horizontal une longueur infinie, ainsi que la premiere hypothese l'exige nécessairement. M. de Prony insiste aussi sur la nécessité de donner à la clef d'une voûte une épaisseur suffisante pour qu'elle puisse résister à la pression qu'elle supporte, et donne la maniere de déterminer cette épaisseur; et, dans la vue de mettre les constructeurs à même de juger de la hardiesse de leurs ouvrages, il établit une relation entre l'ouverture d'une arche et la plus petite longueur qu'on pourrait donner à la clef.

Nous avons publié en l'an 6, dans un mémoire intitulé : *Dissertation sur les dégradations du Panthéon français,* des recherches sur les voûtes sphériques, à l'occasion desquelles nous avons indiqué la véritable méthode suivant laquelle on devait calculer la poussée des voûtes cylindriques, telle que nous y avons été conduits par les observations connues et par celles que nous avions faites nous mêmes à ce sujet, et nous avons joint des tables où l'épaisseur des culées des voûtes en plein cintre et en anse de panier, se trouve déterminée d'après ces principes, en ajoutant au résultat la quantité nécessaire pour mettre leur résistance au-dessus de l'équilibre.

M. Boistard, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a depuis

répété fort en grand et avec tout le soin et l'exactitude possibles les expériences sur la stabilité des voûtes. Leur description est consignée dans un mémoire manuscrit déposé à l'école des ponts et chaussées; l'auteur y a joint un essai de théorie sur les conclusions les plus importantes auxquelles elles pouvaient conduire.

Telles sont les principales recherches qui ont été faites jusqu'à présent sur la théorie des voûtes en berceau. Nous allons l'exposer avec tout le détail que l'importance de la matiere paraît comporter.

SECTION PREMIERE.

THÉORIE DES VOUTES ET OBSERVATIONS SUR LESQUELLES ELLE EST FONDÉE.

Perronet a donné dans ses ouvrages la description des mouvements qui se sont manifestés dans les grandes voûtes dont il a dirigé la construction, soit pendant que leurs voussoirs étaient portés par les cintres, soit après que les clefs eurent été posées, et qu'on eut fait le décintrement. Il a indiqué les moyens de faire ce décintrement de maniere à ne point s'exposer à altérer la courbure des voûtes, et les précautions qu'il fallait prendre dans la pose des voussoirs. Toutes les observations qu'il a publiées forment un système suivi, et jettent un grand jour sur cette matiere.

On remarque généralement, dit-il (1), que les premiers cours des voussoirs peuvent se poser sans le secours du cintre de charpente qui ne devient nécessaire qu'autant qu'ils commencent à glisser les uns sur les autres, ce qui arrive ordinairement quand les plans de joint font un angle d'environ 44 grades avec l'horizon. Alors le cintre commence à porter une portion du poids des voussoirs, il tasse dans sa partie inférieure, et, lorsqu'on emploie un cintre retroussé, il se souleverait à son sommet, si on ne s'opposait pas à ce mouvement en lui faisant supporter une charge plus ou moins considérable.

L'arche de Saint-Edme, à Nogent-sur-Seine, paraît être l'ouvrage pour lequel ces effets ont été observés et décrits avec le plus de soin. La forme est en anse de panier : elle a 29,24 metres d'ouverture, sur 8,77 metres de hauteur sous clef; son épaisseur au sommet est de 1,624 metres; chaque moitié de l'arche est composée de 47 cours de voussoirs, non compris la clef. Les vingt premiers cours de voussoirs ayant été posés, les cinq derniers se séparerent à raison du tassement du cintre sur lequel ils portaient; le joint s'ouvrit de 20 millimetres à l'extrados au-dessus du quinzieme cours, et il se fit une disjonction verticale entre la voûte et les assises horizontales des culées dont l'effet était sensible jusqu'au septieme cours. En continuant la pose, ces joints se refermerent, et le point de séparation des parties agissantes et des parties résistantes ayant été reporté plus haut par l'effet de l'addition d'un plus grand nombre de voussoirs, les joints s'ouvrirent à l'extrados d'environ 2 millimetres, du vingt-sixieme au trente-unieme cours.

(1) OEuvres de Perronet. Mémoire sur le cintrement et décintrement des ponts.

Au pont de Neuilly, dans les arches adjacentes aux culées, dont la moitié est composée de cinquante-six cours de voussoirs, non compris la clef, les joints se sont successivement ouverts à l'extrados, en raison de l'avancement de la pose des voussoirs depuis $\frac{1}{2}$ millimetre jusqu'à 5 et 7 millimetres, du onzieme au trente-sixieme cours. Des effets analogues ont été observés dans les autres ponts.

Après la pose des clefs, ces effets, produits par la pesanteur des voussoirs, se manifestent d'une maniere différente. Les cintres, qui d'abord avaient été chargés dans la partie inférieure et dont le sommet tendait à remonter, sont maintenant chargés dans le milieu, et tendent, au contraire, à se soulever vers les reins.

On a vu aux arches du pont de Neuilly les derniers joints qui s'étaient ouverts à l'extrados se refermer alors, et, de chaque côté, de nouveaux joints s'ouvrir à l'intrados à partir de la clef, depuis $\frac{1}{2}$ millimetre jusqu'à 2 millimetres de largeur. Au pont de Nogent, la disjonction verticale qui s'était faite entre les voussoirs et les assises des culées, a presque entièrement disparu, et les derniers joints ouverts à l'extrados, dans la partie supérieure des voûtes, se sont aussi resserrés.

On avait tracé, avant le décintrement, sur les têtes de ce dernier pont (Pl. VI, fig. 110), trois lignes droites, l'une horizontale, placée au sommet de la voûte du dessus d'un vingt-huitieme cours à l'autre, et les deux autres inclinées, tracées sur les reins, depuis l'extrémité de la premiere jusqu'au point où le joint du septieme cours rencontre la tangente verticale aux naissances. La position des extrémités de ces lignes avait été rapportée à des points fixes, et on avait pour but de connaître par

les changements qui se manifesteraient dans leur position et dans leur forme, quel serait le jeu des voussoirs pendant le tassement.

La courbure de la ligne supérieure a indiqué un tassement vertical qui allait en diminuant uniformément depuis son milieu jusqu'à ses extrémités. Quant aux deux autres lignes, il s'est formé dans leur courbure un point d'inflexion à la rencontre du joint du seizieme et dix-septieme cours, ce qui indiquait, outre le tassement vertical et le resserrement des joints dans les cours supérieurs, jusques et compris le dix-septieme, un resserrement semblable dans les joints de la partie inférieure qui se trouvait en outre reportée vers les culées.

Il est facile de conclure de ces observations, qu'on peut répéter dans toutes les constructions du même genre, que la partie supérieure ne tend point à repousser les parties inférieures en glissant sur les joints de rupture, ainsi qu'on le supposait d'après Lahire, et, par conséquent, que les résultats des calculs faits d'après cette hypothese ne peuvent être qu'erronés. Et, pour se faire une idée juste de la nature de la poussée, il faut considérer successivement les deux époques principales de la construction d'une voûte.

Lorsque la plus grande partie des voussoirs est posée et qu'on est près d'arriver aux clefs, le cintre se trouve considérablement chargé dans sa partie supérieure, parce qu'il supporte entièrement le poids de la voûte, et il éprouve en conséquence un tassement dont l'effet est sur-tout sensible vers le sommet. Chaque voussoir descend à proportion de sa proximité de la clef, et il est évident que cela ne peut se faire qu'autant qu'il tourne autour de son arrête inférieure, ce qui oblige le joint à s'ouvrir à l'extrados. Cet écartement est sur-tout sensible au

point où, à raison de l'inclinaison des plans de joint, comparée à la direction de la pesanteur, le tassement vertical se distribue plus inégalement sur les voussoirs consécutifs; et c'est pourquoi, au pont de Nogent, le joint le plus ouvert se trouvait alors placé vers le vingt-sixieme cours.

Lorsque la clef est posée et que le décintrement est fait, les parties supérieures de la voûte DE et *d*E (Pl. X, fig. 7) ne sont plus soutenues que par leur pression réciproque, et, à raison du tassement qui se produit, leur point d'appui commun se trouve nécessairement porté en E à l'extrados : les joints tendent donc à s'y resserrer, ainsi qu'on l'observe constamment, et quelques constructeurs ajoutent même à cet effet, en y chassant des coins dont l'objet est d'augmenter la solidité de la voûte, en même-temps que l'énergie de la pression que ces deux parties exercent l'une sur l'autre, et au moyen de laquelle elles se soutiennent mutuellement.

Cependant, l'effort de cette pression se reporte nécessairement vers les culées et les parties inférieures de la voûte qu'il tend à renverser en les faisant tourner autour de leurs arrêtes extérieures K et *k*. Chaque moitié de la voûte se sépare en deux parties à de certains points D et *d*, qui servent de points d'appui aux parties supérieures, et par lesquelles leur effort se transmet aux culées; ces points d'appui se trouvent nécessairement placés à l'intrados. Si les culées n'ont pas assez de stabilité pour résister à l'effort de la voûte, les quatre parties s'écroulent en tournant autour des points K, D, E, *d* et K. Si elles sont capables de le soutenir, l'effet du tassement se borne à faire resserrer les joints à l'extrados près du point E, et à l'intrados près des points *d* et D;

et à les faire ouvrir à l'intrados près du point E, et à l'extrados près des points D et *d*.

La position des points *d* et D, que l'on nomme *points de rupture,* qu'il est extrêmement important de connaître exactement, dépend de la figure de la voûte et de la distribution des poids qu'elle supporte. Au pont de Nogent, dont nous avons parlé ci-dessus, la position des joints de rupture était naturellement indiquée entre le seizieme et le dix-septieme cours de voussoirs, par les points d'inflexion des deux lignes inférieures tracées sur les têtes. Au pont de Neuilly, on n'avait pu la découvrir par le même moyen, à raison de la forme des têtes qui sont en arc de cercle, mais on a reconnu que les joints de rupture étaient placés entre le vingt-sixieme et le vingt-septieme cours, parce que c'était dans cet endroit que le joint s'était ouvert davantage à l'extrados.

On voit que les voûtes ne peuvent s'écrouler qu'autant que les voussoirs placés près de la clef, des points de rupture et de la base des culées, se séparent les uns des autres en tournant autour de leurs arrêtes. La tenacité du mortier s'oppose à cet effet, et cette tenacité peut être assez grande pour que la voûte se soutienne, comme cela arrive quelquefois dans des constructions anciennes, quoique les culées n'aient pas toute l'épaisseur qu'elles devraient avoir. On ne peut cependant gueres compter sur l'adhérence du mortier, parce que son effet ne se fait sentir qu'au bout d'un certain temps; et, quoique, en laissant les voûtes sur leurs cintres, on pût donner à la maçonnerie le temps de prendre corps, il est convenable de n'avoir point égard à l'augmentation de solidité qu'elles peuvent acquérir par ce moyen, et qu'il serait d'ailleurs difficile d'évaluer exactement.

Tout ce qui précede se trouve confirmé par les observations que nous avons faites sur plusieurs voûtes qui étaient en danger de s'écrouler, et sur celles que nous avons nous mêmes fait démolir. Nous avions soin, pour ces dernieres, de faire faire avec précaution des tranchées horizontales dans leurs piédroits, et nous avons constamment remarqué que les premieres disjonctions paraissaient à l'intrados vers la clef, qu'il s'en formait ensuite d'autres vers les reins, où leur plus grande largeur était à l'extrados, et qu'enfin la partie supérieure s'abaissait en se partageant en deux parties principales qui renversaient chacune le piédroit qui leur était opposé.

Cette théorie est également d'accord avec les expériences directes que nous avons entreprises sur cet objet. Nous avons fait construire des voûtes en plein cintre, en anse de panier surbaissée au tiers et au quart, et en arc de cercle. Leur ouverture était de 65 centimetres; les voussoirs, de 27 millimetres de largeur à la douelle, étaient faits en bois et taillés avec exactitude. Nous avons cherché à rompre l'équilibre entre la poussée des parties supérieures et la stabilité des parties inférieures, soit en diminuant l'épaisseur des culées, soit en chargeant le sommet de la voûte, et nous avons constamment remarqué que la rupture tendait à s'opérer avec les circonstances que nous venons d'expliquer.

Ces mêmes expériences ont été répétées plus en grand par M. Boistard; les voûtes qu'il a employées étaient construites avec beaucoup d'exactitude avec des voussoirs de briques polis au grès, dont l'épaisseur et la hauteur de coupe étaient de 108 millimetres. Les voûtes avaient 2,274 metres d'ouverture et 217 millimetres de longueur.

On a fait avec ces matériaux des voûtes en plein cintre, en anse de panier surbaissée au tiers et au quart, en arc de cercle dont la fleche était le quart, le huitieme et le dix-septieme de l'ouverture, et en platte-bande. Elles étaient construites sur un cintre de charpente, et leur rupture s'opérait en abaissant le cintre verticalement, et, lorsque cela était nécessaire, soit en chargeant convenablement le sommet de la voûte, soit en diminuant l'épaisseur ou le poids des culées.

Chacune des voûtes dont nous venons de parler a été soumise à trois épreuves principales : dans la premiere, les voûtes étaient extradossées sur 108 millimetres d'épaisseur, et comme cette épaisseur n'était pas suffisante pour qu'elles pussent se soutenir par elles-mêmes, quand on abaissait le cintre, un certain nombre des voussoirs de la partie supérieure descendait verticalement avec lui et se trouvait porté sur son sommet. Les deux parties inférieures de la voûte faisaient alors l'effet de deux arcs rampants, et se partageaient en deux parties. Les derniers joints de chaque partie s'ouvraient à l'intrados, près de leur sommet et près des naissances, et la rupture tendait à se faire vers le milieu où les voussoirs ne touchaient point le cintre et où les joints s'ouvraient à l'extrados.

Dans la seconde épreuve, où les voûtes étaient encore extradossées, on embrassait de chaque côté un certain nombre de voussoirs de la partie inférieure par une corde qui s'appuyait sur leur extrados, et qui était tendue par un poids. La pression que cette corde produisait sur les derniers voussoirs s'opposait à leur écartement, que les parties supérieures de la voûte tendaient à produire, et on a constamment observé, 1° que si les poids qui produisaient la tension des deux cordes n'étaient pas

suffisants pour l'équilibre, la voûte se rompait en s'ouvrant à l'intrados près de la clef et près des naissances, où le dernier voussoir tendait à basculer autour de son arrête extérieure, et à l'extrados dans les reins. 2° Que dans le cas où le poids était suffisant pour maintenir l'équilibre, les mêmes joints s'ouvraient encore de la même maniere en raison d'un tassement inévitable, mais que l'action des poids tendant à les faire resserrer, ils s'ouvraient et se fermaient alternativement par une sorte de mouvement d'oscillation, dans lequel les parties de la voûte tournaient alternativement dans les deux sens, autour des points d'appui que leur présentaient les arrêtes de voussoirs consécutifs. 3° Qu'enfin, lorsque la tension de la corde était assez considérable pour que la pression qu'elle exerçait sur les parties inférieures de la voûte fût capable de faire remonter les parties supérieures, les mêmes effets se manifestaient en sens contraire, c'est-à-dire, que la voûte se rompait à la clef où elle s'ouvrait alors à l'extrados, aux reins où elle s'ouvrait à l'intrados, et aux naissances où le dernier voussoir tournait autour de son arrête intérieure. Lorsque les voûtes étaient élevées sur les piédroits, les effets étaient absolument les mêmes, si ce n'est que les piédroits faisaient corps avec les parties inférieures de la voûte, qui, en se renversant, tendaient à tourner autour de l'arrête extérieure de leur base, au lieu de tourner autour de celle du voussoir placé aux naissances.

Dans la troisieme épreuve, on bâtissait des culées, et on remplissait les reins de la voûte en maçonnerie arrasée au niveau du sommet où cette voûte avait toujours 108 millimetres d'épaisseur. Lorsque la stabilité des culées était suffisante pour résister à la poussée, la voûte conservait après le décintrement sa figure

primitive. Lorsqu'on augmentait le poids de la partie supérieure, la voûte se rompait comme à l'ordinaire, et la position des points de rupture dans les reins était déterminée par la valeur de la charge, par la maniere dont elle était distribuée sur le sommet de la voûte, et par la hauteur des piédroits sur lesquels cette voûte était quelquefois élevée. On a observé assez généralement que, quand les voûtes n'étaient point élevées sur des piédroits, la rupture tendait à se faire vers l'angle de 30 grades du demi-cercle qui décrit le plein cintre, ou vers l'angle de 50 grades du petit arc, dans les anses de panier décrites avec trois arcs de cercle. Le point de rupture tend à remonter quand on augmente la hauteur des piédroits, et quand le sommet de la voûte est plus chargé.

Toutes ces expériences, que nous regrettons de ne pouvoir rapporter plus en détail, confirment entièrement les principes que nous avons établis sur la nature des mouvements des voûtes, et il en résulte très-évidemment que, dans la recherche des conditions de leur équilibre, on peut, sans erreur sensible, les considérer comme le système de quatre leviers KD, DE, E*d*, *d*K (Pl. X, fig. 7), chargés chacun des poids respectifs des parties de voûtes qui leur correspondent, et susceptibles de tourner autour des points d'appui K, D, E, *d*, *k*, où ils sont liés entre eux par des charnieres; la position des points *d* et D dépendant, pour chaque cas particulier, de la figure de la voûte et de la distribution des poids dont elle est chargée.

La même conclusion est applicable aux arcs de cercle et aux platte-bandes, où la voûte et ses piédroits forment un système dont la nature est absolument semblable. Mais il faut remarquer ici que, en raison de la figure de cette voûte, la position des

points de rupture se trouve naturellement fixée aux naissances, à moins que la voûte ne soit extradossée sur une très-faible épaisseur, ou que la fleche de l'arc de cercle suivant lequel elle est décrite ne soit presque égale au rayon. Les expériences de M. Boistard prouvent qu'un arc dont la fleche est le quart de la corde, a ses joints de rupture placés aux naissances, lorsque les reins sont remplis en maçonnerie.

L'application du calcul à la théorie précédente ne présente aucune difficulté. Les points N, M, m, n étant ceux où les leviers sont rencontrés par les verticales qui passent par les centres de gravité des parties correspondantes de la voûte, on pourra supposer que ces leviers sont chargés dans ces points de quatre poids égaux à ceux de ces parties, et il faudra déterminer la relation qui doit exister entre ces poids et la direction des leviers, pour que l'équilibre se maintienne.

Considérons seulement, pour plus de simplicité, la moitié de la voûte qui se trouve partagée en deux parties symmétriques par l'axe EC, et supposons d'abord que le point D est fixe : appelons μ le poids appliqué en M. On ne changera rien au système en lui substituant deux autres poids, l'un appliqué en E et représenté par $\mu \cdot \frac{FQ}{EQ}$, l'autre appliqué en D et représenté par $\mu \cdot \frac{EF}{EQ}$. Le point E se trouvera donc chargé d'un poids égal à

$$2\mu \cdot \frac{EQ}{EQ},$$

et il en résultera, dans le sens du levier ED, une pression représentée par

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{ED}{EQ},$$

et qui, si le point D était réellement fixe, serait détruite par sa résistance, ainsi que l'effet de la force verticale $\mu \cdot \frac{EF}{EQ}$ qui est appliquée au même point. Mais ce point D étant situé à l'extrémité d'un autre levier dont le point d'appui est en K, et qui est chargé au point N d'un nouveau poids que nous représenterons par ν, il faudra, pour l'équilibre, que la somme des moments de ces differentes forces, pris par rapport au point K, soit nulle, ce qui donnera l'équation

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{ED}{EQ} \cdot KV = \mu \cdot \frac{EF}{EQ} \cdot KR + \nu . KS.$$

KV étant une perpendiculaire abaissée du point K sur la ligne ED prolongée, et KS et KR étant les distances horizontales du point K au point N et au point D.

On voit facilement que

$$KV = \frac{KU . DQ - DU . EQ}{ED},$$

et en substituant cette valeur dans l'équation précédente, elle devient (1)

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} \cdot KU = \mu . KR + \nu . KS,$$

(1) On parviendrait encore plus simplement à cette équation en faisant usage du principe des vîtesses virtuelles, d'après la méthode qui a été donnée par M. de la Grange, dans la mécaniqne analytique.

Appelons x', y', les coordonnées horizontales et verticales du point D, l'origine étant placée en K; x'', y'', celles du point E. On sait que X', Y', étant les forces appliquées au point D, et agissant parallèlement aux axes des x et des y, et X'', Y'', étant des forces analogues appliquées au point E, l'équation d'équilibre sera

$$X' dx' + Y' dy' + X'' dx'' + Y'' dy'' = 0.$$

et si on veut que le système ait de la stabilité il faudra que l'on ait

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} \cdot KU < \mu . KR + \nu . KS.$$

Les longueurs des leviers étant invariables, on a, en les représentant par f et g, les deux équations de condition $f = \sqrt{x'^2 + y'^2}$, et $g = \sqrt{(x''-x')^2 + (y''-y')^2}$ qui donnent, en les différentiant,

$$x'dx' + y'dy' = 0, \ (x''-x')(dx''-dx') + (y''-y')(dy''-dy') = 0.$$

En ajoutant les premiers membres multipliés chacun par un coëfficient indéterminé à l'équation précédente, et égalant séparément à zéro la somme des termes multipliés par les différentielles de chacune des coordonnées, on aura les quatre équations

$$\begin{aligned} X' + \lambda x' - \lambda' (x''-x') &= 0, \\ Y' + \lambda y' - \lambda' (y''-y') &= 0, \\ X'' + \lambda' (x''-x') &= 0, \\ Y'' + \lambda' (y''-y') &= 0, \end{aligned}$$

d'où éliminant les coëfficients indéterminés λ et λ', on obtient, pour les conditions de l'équilibre,

$$\begin{aligned} X''(y''-y') - Y''(x''-x') &= 0, \\ (X'+X'')y' - (Y'+Y'')x' &= 0. \end{aligned}$$

On a, par les conditions du problême, $X' = 0$, $Y' = \mu . \frac{EF}{EQ} + \nu . \frac{KS}{KR}$, $X'' = \mu . \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ}$, $Y'' = \mu . \frac{FQ}{EQ}$: en substituant ces valeurs dans les deux équations précédentes, la premiere, qui exprime que les produits des forces X'' et Y'' multipliés par leurs distances au point D doivent être égaux, se vérifiera d'elle-même. Mais la seconde donnera

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} \cdot KU - \nu . KS - \mu . KR = 0,$$

ce qui est précisément l'équation du texte.

La méthode de M. de la Grange donne immédiatement les pressions auxquelles

(1) On voit que la valeur de la poussée, et, par conséquent, l'épaisseur qu'il faut donner aux culées, augmente avec la valeur de FQ, c'est-à-dire, lorsque le centre de gravité des parties supérieures de la voûte se rapproche de son sommet. Il en est de même pour la pression horizontale que les deux parties de

les leviers sont soumis. La pression sur le levier DK est égale à $\lambda\sqrt{x'^2+y'^2}$. On déduit des quatre équations précédentes $\lambda^2 x'^2=(X'+X'')^2$ et $\lambda^2 y'^2=(Y'+Y'')^2$; ainsi, la valeur de cette pression deviendra

$$\sqrt{\left[(X'+X'')^2+(Y'+Y'')^2\right]};$$

ou, en y substituant celles de X', Y'', X'', Y',

$$\sqrt{\left[\mu^2\cdot\left(\frac{FQ}{EQ}\right)^2\left(\frac{DQ}{EQ}\right)^2+\left(\mu+\nu\cdot\frac{KS}{KR}\right)^2\right]}.$$

cette pression agit d'ailleurs perpendiculairement à une ligne dont l'équation est $x'dx'+y'dy'=0$, et qui n'est autre chose qu'un cercle dont le centre est au point K; c'est-à-dire, dans le sens même du levier DK.

La pression exercée sur le levier ED sera exprimée par $\lambda\sqrt{\left[(x''-x')^2+(y''-y')^2\right]}$, ou, comme on déduit des deux équations déja citées $\lambda'(x''-x')=X''$, et $\lambda'(y''-y')=Y''$, par $\sqrt{(X''^2+Y''^2)}$: en y substituant pour X'', Y'', leurs valeurs, celle de cette pression deviendra

$$\mu\cdot\frac{FQ}{EQ}\cdot\frac{ED}{EQ}.$$

Elle agira perpendiculairement à la ligne dont l'équation est $(x''-x')\,dx'+(y''-y')\,dy'=0$, c'est-à-dire, à un cercle dont le centre est en D; sa direction sera donc dans le sens même du levier ED. Il est facile de voir que ces résultats sont semblables à ceux que l'on obtiendrait par la méthode de la composition des forces.

(1) On a supposé, dans cette analyse, qu'il se trouvait un joint vertical au sommet de la voûte, tandis qu'il est d'usage d'y placer un voussoir qui prend le nom de clef. Cette supposition ne produit pas d'erreur sensible dans les résultats du calcul, et donne seulement un léger avantage à la puissance agissante.

la voûte exercent l'une sur l'autre dans le cas de l'équilibre, ainsi que l'indique la forme de son expression qui est évidemment

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ}.$$

Nous ferons remarquer avec M. Boistard, qu'on s'est trompé jusqu'ici en cherchant à faire dépendre le tassement d'une voûte de la diminution de longueur de sa courbe d'intrados. Ce tassement dépend évidemment du raccourcissement d'une courbe DE*d* (Pl. X, fig. 6), qui réunit les points par lesquels les voussoirs portent les uns sur les autres près des joints de rupture, et que l'on peut considérer aussi comme le lieu des points d'appui des voussoirs intermédiaires. La nature de cette courbe n'est pas facile à déterminer, mais on peut, dans les applications, la regarder, sans erreur sensible, comme étant de la même espece que la courbe d'intrados. Nous avons fait usage de ce principe dans le chapitre précédent.

SECTION II.

APPLICATION DE LA THÉORIE A LA DÉTERMINATION DE L'ÉPAISSEUR DES CULÉES.

L'équation (Pl. X, fig. 7)

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} \cdot KU = \mu . KR + \nu . KS$$

contient tout ce qui est nécessaire pour résoudre la question qui

fait le sujet de ce chapitre, et il ne s'agit en effet que de trouver une valeur de BK qui satisfasse à cette équation, ou plutôt qui rende le second membre un peu plus grand que le premier, afin que la voûte ait la stabilité convenable : mais cela suppose que la position des points de rupture D et *d* est comme *a priori*, ce qui n'a pas lieu en général. Il faut donc commencer par la déterminer.

Pour y parvenir, nous observerons que ces points doivent être tellement placés, que le moment de la force qui tend à renverser la partie inférieure soit le plus grand possible par rapport à celui des forces qui tendent à la retenir dans sa position. Il faudra donc chercher la valeur de l'arc BD qui correspond au *maximum* de l'expression

$$\frac{\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} \cdot KU}{\mu . KR + \nu . KS.}$$

Le calcul est presque impraticable pour les arches en plein cintre, à raison des quantités transcendantes que la nature du cercle introduit dans cette formule, et il le devient totalement pour les anses de panier composées de plusieurs arcs. Il faut donc avoir recours à une méthode indirecte qui consiste à faire différentes hypotheses sur la position du point D, et à déterminer pour chacune la valeur correspondante de BK. On peut se guider dans cette espece de tâtonnement par les résultats d'expérience rapportés dans la section précédente, et par l'exemple des ponts connus, dont la forme se rapproche de celui dont on fait le projet. Il est évident, au surplus, que la plus grande valeur que l'on aura trouvée pour BK sera celle qu'il faudra prendre

en considération, et que la position des joints de rupture sera déterminée par la valeur correspondante de l'arc BD (1).

Le tableau suivant contient les résultats de ce calcul pour les voûtes le plus fréquemment employées. On a supposé que l'ouverture de ces voûtes était de 20 metres, que leur épaisseur à la clef était d'un metre, et que la partie supérieure était extradossée de niveau (2).

INDICATION DES ESPECES DE VOUTES.	ÉPAISSEUR DES CULÉES.	POSITION DES POINTS DE RUPTURE.
	Metres.	Grades.
Plein cintre	0,45.	30
Anse de panier surbaissée au tiers	0,66.	50
Anse de panier surbaissée au quart	0,82.	60
Arc de cercle de 66,667 grades élevé sur des piédroits de 5 metres de hauteur	2,95.	0

Nota. Les nombres de grades compris dans la troisieme colonne sont comptés à partir des naissances, et sur le petit arc dans les anses de panier, en supposant ces anses de panier décrites avec trois arcs égaux chacun au sixieme de la circonférence.

(1) Voyez la note premiere, à la fin du chapitre.

(2) Le calcul a donné pour l'anse de panier surbaissée au quart un point de rupture placé différemment de celui que l'expérience a indiqué pour le pont de Neuilly. Ce point de rupture se trouverait ici situé entre le seizieme et dix-septieme cours de voussoirs, et nous avons rapporté ci-dessus qu'il avait été observé au-dessus du vingt-sixieme cours. Cette contradiction apparente tient à ce qu'on a supposé dans le calcul que la maçonnerie des reins était élevée, tandis

On voit que les résultats compris dans ce tableau sont beaucoup au-dessous des dimensions ordinaires, et que la théorie précédente fondée sur les faits le mieux constatés, indique cependant des épaisseurs beaucoup moins considérables que celles qu'on a cru jusqu'à présent devoir donner aux culées des ponts. On retrouve ici une de ces contradictions apparentes entre la théorie et la pratique, dont les arts offrent beaucoup d'exemples.

Pour la faire disparaître, nous observerons que l'analyse précédente suppose nécessairement que les différentes portions de la voûte forment des masses solides dont toutes les parties sont parfaitement liées entre elles, et ne peuvent éprouver aucun tassement. Elle suppose également que les culées sont établies sur une base entièrement incompressible, et que, dans la chûte de la voûte, ces culées tourneraient, sans se disjoindre, autour de leur arrête extérieure. Ces suppositions sont, en général, bien éloignées de la vérité. La chûte d'un pont ne pourrait gueres arriver sans qu'il ne se fît quelques disjonctions dans ses culées, avec quelque soin qu'elles eussent été construites; et quand même il ne s'en ferait aucune, ces culées ne pourraient point tourner autour de leur arrête extérieure, où les pierres s'écraseraient nécessairement sous l'effort qu'elles auraient à soutenir,

qu'elle ne l'était point encore au pont de Neuilly au moment où on a fait le décintrement, et où on a reconnu la position du point de rupture. L'addition de cette maçonnerie change nécessairement cette position, et les joints de rupture, ainsi que les expériences de M. Boistard les démontrent d'ailleurs, sont d'autant plus élevés que le sommet de la voûte est plus chargé relativement aux reins. Les résultats du calcul s'accordent parfaitement, au contraire, avec les observations faites au pont de Nogent, où la maçonnerie des reins était construite lorsqu'on a fait le décintrement.

et qu'on doit chercher, par cette raison, à répartir sur une surface suffisamment considérable. Quant à l'incompressibilité des fondations, cette condition est encore très-difficile à remplir exactement, sur-tout quand la maçonnerie des murs n'est point établie sur une plate-forme posée sur des pilotis, et on ne peut douter que la chûte de la plus grande partie des ponts ne doive être attribuée aux mouvements qui se sont manifestées dans les points d'appui sur lesquels ils étaient portés : mais comme la fondation approche d'autant plus d'être incompressible, que l'effort qu'elle supporte se trouve distribué sur une plus grande surface, le constructeur est obligé, pour rapprocher les circonstances physiques des hypotheses analytiques, d'augmenter plus ou moins les dimensions des points d'appui.

On explique de cette maniere la différence qui se trouve entre les mesures dont la pratique fait usage et celles qui sont indiquées par la théorie; mais s'il est facile d'en conclure qu'il faut augmenter ces dernieres d'une certaine quantité, il n'est pas aussi aisé de déterminer la valeur de cette augmentation. Elle dépend évidemment de la nature des matériaux et du genre de construction qu'on emploie, de la nature et de la solidité plus ou moins grande de la fondation, et des autres circonstances particulieres au pont dont on fait le projet. Il est prudent d'adopter des épaisseurs plus grandes que celles qui sont indiquées dans le tableau précédent, ou qu'on pourra calculer par le moyen de la même théorie : mais comme cette théorie, dans son application aux arches très-surbaissées, donne des épaisseurs très-considérables, on a cherché et on est parvenu, par différents moyens, ainsi qu'on le verra ci-dessous, à réduire cette masse

énorme de maçonnerie, sans rien lui faire perdre de sa force de résistance.

Les voûtes peuvent être élevées sur des piédroits, alors la position des points de rupture change, ainsi que l'épaisseur des culées qui devient plus considérable. Il est indispensable de chercher sa valeur dans chaque cas particulier. On suppose alors, conformément aux résultats des expériences que nous avons rapportées ci-dessus, que le piédroit ne fait qu'un seul corps avec la partie inférieure de la voûte, et que dans la rupture il tourne autour de son arrête extérieure. Cette hypothese est toujours admissible, à moins que ce piédroit ne soit très-élevé, ce qui n'arrive gueres dans les voûtes des ponts. Quelques savants ont pensé qu'il pouvait se faire une rupture dans quelque point de la hauteur du piédroit, et ils ont cherché, en conséquence, à déterminer quelle forme il devrait avoir pour présenter partout une égale résistance. La veritable solution de ce problême est entièrement impraticable à raison des calculs auxquels elle conduirait; elle n'est d'ailleurs d'aucun intérêt pour la pratique.

Nous avons supposé jusqu'ici que la rupture des voutes ne pouvait avoir lieu qu'autant que leurs culées tourneraient autour de leur arrête extérieure. Il pourrait arriver cependant qu'il se fît une disjonction horizontale, et que la partie supérieure glissât sur la partie inférieure; la résistance que la culée oppose à ce mouvement dépend du poids des parties supérieures et de la maniere dont les assises sont liées les unes avec les autres; et le frottement et l'adhérence des mortiers étant ici les deux principaux moyens de solidité, on a cherché à évaluer l'effet qu'ils étaient susceptibles de produire.

M. Boistard a publié en 1804 (1) des expériences faites dans cette vue. Il en est résulté que l'adhérence du mortier est proportionnelle à la surface; que le temps après lequel on détache les pierres influe peu, à moins qu'il ne soit extrêmement long, sur la valeur de cette adhérence, qui est presque aussi grande après le premier mois qu'après les premieres années; qu'elle peut être évaluée à 6960 kilogrammes par metre quarré pour le mortier de chaux et sable, et à 3700 kilogrammes pour le mortier de chaux et ciment, ces valeurs ne pouvant être regardées que comme des résultats approchés, parce qu'elles doivent nécessairement varier beaucoup, en raison des qualités des matieres dont les mortiers sont composés (2). La grande supériorité du mortier de sable sur celui de ciment, qui au bout d'une année se trouve encore plus considérable, n'existe pas quand ces mortiers sont employés sous l'eau. On sait que, dans ce dernier cas, le mortier de ciment contracte très-promptement une forte consistance, tandis qu'il n'en est pas de même de l'autre.

A l'égard du frottement, M. Boistard a également cherché à déterminer ses effets, et il a trouvé que le rapport du frottement à la pression était constant, et qu'en prenant la plus petite valeur donnée par les expériences, ce rapport pour une pierre piquée ou bouchardée glissant sur une pierre semblable, ou, ce qui est a-peu-près la même chose, sur une superficie de mortier durcie à l'air, était égal à 0,76, ou environ quatre cinquiemes.

En considérant l'équilibre des voûtes sous ce nouveau point de vue, on trouve pour les culées des épaisseurs différentes de

(1) Expériences sur la main-d'œuvre de différents travaux, etc. page 51.

(2) Voyez la note seconde, à la fin du chapitre.

celles qui sont indiquées dans le tableau précédent. L'équation d'équilibre est alors

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} = 0{,}76\,(\mu+\nu)+6960.KR :$$

le tableau suivant contient ces nouveaux résultats appliqués à des voûtes extradossées de niveau, dont l'ouverture est de 20 metres, et dont l'épaisseur à la clef est d'un metre. On a supposé, pour le calculer, que la disjonction se faisait toujours au niveau des naissances, et on n'a pas tenu compte de la pression verticale résultant du poids des parties supérieures de la voûte, ce qui a réduit l'équation précédente à

$$\mu \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} = 0{,}76.\nu+6960.KR.$$

La pesanteur de la maçonnerie a été supposée de 2600 kilogrammes pour un metre cube.

INDICATION DES ESPECES DE VOUTES.	ÉPAISSEUR DES CULÉES.	POSITION DES POINTS DE RUPTURE.
	Metres.	Grades.
Plein cintre	1,32	15
Anse de panier surbaissée au tiers	1,62	35
Anse de panier surbaissée au quart	2,24	45
Arc de cercle de 66,667 grades	3,09	0

Nota. Les nombres de la troisieme colonne sont comptés ici comme dans le premier tableau.

Ces derniers résultats sont encore au-dessous des dimensions que les constructeurs ont généralement adoptées, mais ils s'en rapprochent cependant davantage que ceux du tableau précédent. Il entre effectivement dans cette derniere maniére de calculer l'équilibre des voûtes un peu moins d'éléments hypothétiques que dans la premiere, et, si on observe que les valeurs du second tableau supposent encore que les voûtes sont restées assez long-temps sur leurs cintres pour que les mortiers aient acquis une tenacité semblable à celle qu'ils avaient dans les expériences que nous venons de rapporter (ce qui n'arrive presque jamais, parce que les mortiers sechent très-lentement dans l'intérieur des massifs de maçonnerie), on sera convaincu de la nécessité de les augmenter encore et de se rapprocher ainsi des regles-pratiques.

On a supposé dans les calculs précédents un peu plus d'épaisseur aux voûtes qu'elles n'en ont ordinairement, et cela tend, en général, à favoriser la puissance agissante. On n'a point tenu compte des couches de sable ou de terre, du pavé dont les voûtes sont ordinairement chargées, ni de la différence de pesanteur spécifique des diverses especes de maçonnerie. Il serait facile de faire entrer ces objets en détail dans les calculs, mais on s'est convaincu qu'on n'obtiendrait pas alors, pour l'épaisseur des culées, des valeurs sensiblement différentes de celles qui ont été données dans les tableaux précédents.

On peut remarquer que les voûtes en arc de cercle exigent des épaisseurs de culées beaucoup plus considérables que les autres, et ces épaisseurs auraient été plus grandes encore, si la voûte que l'on a supposé décrite par un arc de 66,667 grades, eût été plus surbaissée, ainsi qu'elle l'est effectivement dans

plusieurs ponts. Les premiers constructeurs qui ont élevé des voûtes de cette nature ont effectivement opposé à leur grande poussée des culées très-épaisses. Mais il est facile de voir que les voûtes très-surbaissées tendent principalement, non pas à renverser leurs culées, mais à produire une disjonction horizontale dans leurs piédroits, et à faire glisser la partie supérieure. Il résulte de-là, que tout le massif de la culée située au-dessous du point où se ferait cette disjonction, n'est presque d'aucune utilité pour la solidité de la voûte, et ne sert qu'à soutenir la partie supérieure qui seule s'oppose à la poussée d'une maniere efficace.

D'après cette considération, on a cherché des moyens d'épargner la construction de ce massif, qui occasionne une dépense assez inutile. Parmi les dispositions qui ont été proposées pour cet objet, nous avons distingué les deux suivantes. Dans la premiere, la culée n'est qu'un mur ordinaire derriere lequel on a prolongé la voûte de l'arche, qui vient butter contre une platte-forme soutenue par des pilots inclinés. Dans la seconde, on substitue au massif de la culée des murs de soutenement construits dans le prolongement des têtes, et qui supportent une voûte dont le sommet est placé un peu au-dessous du niveau des naissances de l'arche. Cette derniere méthode paraît réunir tous les avantages qu'on cherche à obtenir dans une construction semblable.

On a proposé aussi d'incliner la platte-forme des fondations, ainsi que les assises de la maçonnerie, du côté de l'arche qu'on veut soutenir, et il n'est pas douteux qu'au moyen de cette disposition, on ne pût diminuer considérablement la masse de la culée. Il serait sur-tout fort avantageux de distribuer dans

l'intérieur de la maçonnerie des libages placés debout, qui relieraient les assises les unes avec les autres, et qui contribueraient puissamment à ce qu'elle ne formât presque qu'un seul corps. On tendrait au même but en évitant de construire l'intérieur des massifs par assises, et en le remplissant, au contraire, en maçonnerie de blocage.

TABLEAU de comparaison pour les épaisseurs des culées d'une voûte de 20 metres d'ouverture, déterminées par différents auteurs.

INDICATION DES ESPECES DE VOUTES.	Épaisseur donnée par Gauthier.	Épaisseur donnée par Pollin.	Épaisseur donnée par M. Rondelet.	Épaisseur donnée par M Gauthey.	Épaisseur donnée par la théorie.	
					La culée est renversée.	La culée est repoussée.
	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.	Metres.
Plein cintre.....	5,43	2,28	1,82	3,44	0,45	1,32
Anse de panier surbaissée au tiers.....		3,03	2,14	3,76	0,66	1,62
Anse de panier surbaissée au quart.....			2,30	3,91	0,82	2,24
Arc de cercle de 66,667 grades élevé sur des piédroits de 5 metres de hauteur.....			2,47		2,95	3,09

Nota. Les épaisseurs marquées dans la cinquieme colonne sont tirées des tables que nous avons publiées à la suite de notre *Dissertation sur les dégradations du Panthéon français.*

NOTE PREMIERE

Sur la maniere de calculer l'épaisseur des culées et la position des points de rupture dans les voûtes.

L'objet de cette note est d'entrer dans quelques détails propres à faciliter aux constructeurs l'application de l'équation d'équilibre des voûtes, qui donnent lieu à des calculs assez compliqués.

Cette équation est (Pl. X, fig. 7)

$$\mu \cdot \frac{EQ}{FQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} \cdot KU = \mu . KR + \nu . KS.$$

Supposons que la figure 7, Planche XI, représente la moitié d'une voûte en anse de panier surbaissée au tiers, décrite avec trois arcs de cercle égaux chacun au sixieme de la circonférence, dont on cherche l'épaisseur des culées. On va développer le calcul nécessaire pour y parvenir.

On a supposé, dans la figure, que l'arc BD avait été pris arbitrairement de 50 grades; c'est celui qui correspond au point de rupture. La position du point D étant ainsi déterminée, les longueurs d'une partie des lignes qui entrent dans l'équation d'équilibre se trouvent fixées, et l'on a, en supposant que l'ouverture de la voûte soit de 30 metres, et son épaisseur au sommet de 1,5 metres,

$$DQ = 12,61 \text{ metres}, \quad EQ = 5,73 \text{ metres}, \quad KU = 5,77 \text{ metres}.$$

Il ne reste donc plus à évaluer que les quantités μ, ν, FQ, KS et KR: et comme on a $KR = BK + BR$, et que BR est connu et égal à 2,39 metres, on n'a réellement à calculer que les valeurs de μ, ν, FQ et KS. Occupons-nous d'abord des quantités μ et FQ qui se rapportent à la partie agissante de la voûte.

Cette partie agissante est ici comprise dans la figure EGDIH. Le point *a* est le point de jonction des arcs qui décrivent l'anse de panier. La figure EGDIH ayant été décomposée par les lignes horizontales G*c*, *ad* et I*f*, et par les lignes verticales *ab* et D*e*, en deux triangles mixtilignes G*ac* et D*ad*, un triangle rectiligne DI*d*, et trois rectangles EG*cb*, *abed*, et *ef*IH, on formera le tableau suivant.

INDICATION DES FIGURES.	AIRES DES FIGURES.	Distances des centres de gravité à la lig. EC.	Moments par rapport à la ligne EC.
	met. quarrés.	metres.	met. quarrés.
Triangle mixtiligne G*ac*	11,825.	8,56.	101,221.
Triangle mixtiligne D*ad*	0,975.	13,75.	13,406.
Triangle DI*d*	0,577.	12,97.	7,484.
Rectangle EG*cb*	16,425.	5,47.	89,679.
Rectangle *abed*	7,370.	11,78.	86,820.
Rectangle *ef*IH	5,040.	13,15.	66,277.
Sommes	42,212.		364,887.

On a donc $\mu = 42{,}212$ metres quarrés : la distance du centre de gravité de la partie agissante de la voûte à la ligne EC est égale à $\frac{364{,}887}{42{,}212} = 8{,}644$ metres; on a donc FM $= 8{,}644$ metres, d'où il est facile de conclure que FQ $= 1{,}82$ metres.

Passons maintenant à la partie résistante de la voûte, qui est comprise dans la figure HIDBK*k*. Cette figure est partagée en un triangle mixtiligne BD*g*, un triangle rectiligne I*ig*, et deux rectangles H*igh* et B*hk*K. Comme la ligne BK est inconnue, on n'a point fait entrer ce dernier rectangle dans le tableau suivant, qui se rapporte seulement à la figure HIDB*h*.

INDICATION DES FIGURES.	AIRES DES FIFURES.	Distances des centres de gravité à la lig. Bh.	Moments par rapport à la ligne Bh.
	met. quarrés.	metres.	met. quarrés.
Triangle mixtiligne BDg	7,560.	0,74.	5,594.
Triangle Iig	4,300.	0,65.	2,817.
Rectangle High	0,850.	0,87.	0,743.
Sommes	12,710.		9,154.

La surface de la figure HIDBh est donc de 12,71 metres quarrés, et la distance de son centre de gravité à la ligne Bh est égale à $\frac{9,154}{12,71} = 0,72$ metres. Ainsi on a

$$\nu = 12,71 + 11,50.\mathrm{BK},$$

et

$$\mathrm{KS} = \frac{12,71\,(0,72+\mathrm{BK}) + 11,50.\mathrm{BK}.\frac{\mathrm{BK}}{2}}{12,71+11,50.\mathrm{BK}}.$$

En substituant dans l'équation d'équilibre les différentes valeurs que nous venons de trouver, elle deviendra

$$42,212.\frac{1,82.12,61}{(5,73)^2}.5,77 = 42,212\,(2,39+\mathrm{BK}) + 12,71\,(0,72+\mathrm{BK}) + 5,75\,(\mathrm{BK})^2,$$

et on en déduira pour la valeur de l'inconnue

$$\mathrm{BK} = 0,993 \text{ metre.}$$

En exprimant par des nombres les quantités qui entrent dans l'équation précédente, on a supposé que les quantités μ et ν représentaient les aires des portions de voûte que l'on regarde comme agissantes et résistantes, projetées sur un plan parallele à celui des têtes. Il est inutile de faire entrer en considération dans cette équation la pesanteur spécifique de la maçonnerie, que nous représenterons par π, puisque tous les termes se trouveraient également multipliés

par π, qui disparaîtrait par conséquent du calcul. Il n'en serait pas de même pour l'équation d'équilibre qui répond au cas où la culée est repoussée et glisse horizontalement sur sa base. La pesanteur spécifique π n'entrerait point dans le terme qui exprime la résistance produite par l'adhérence des mortiers. Ainsi, si μ et ν représentent des aires, cette seconde équation sera

$$\mu\pi \cdot \frac{FQ}{EQ} \cdot \frac{DQ}{EQ} = 0{,}76\nu\pi + 6960.KR.$$

Il n'est pas besoin, sans doute, d'observer que les résultats qu'on trouvera par le moyen des deux équations, s'appliqueront à toutes les voûtes semblables à la voûte pour laquelle on aura fait le calcul, c'est-à-dire, dans lesquelles les rapports des dimensions seront les mêmes.

La formation des deux tableaux précédents suppose qu'on connaisse les aires et les positions des centres de gravité de plusieurs figures terminées par des arcs de cercle. Il sera toujours facile de les déterminer rigoureusement en se rappelant que le centre de gravité d'un segment de cercle est situé sur le rayon qui partage ce segment en deux parties égales, et que sa distance au centre du cercle est représentée par

$$\frac{1}{12} \cdot \frac{C^3}{A},$$

C représentant la corde du segment, et A sa surface. Mais en cherchant successivement par cette méthode la position des centres de gravité de toutes les parties terminées par des arcs de cercle, le calcul deviendrait extrêmement long, sur-tout pour les voûtes en anse de panier; et il serait également très-pénible de calculer rigoureusement les aires de toutes les figures mixtilignes.

Nous indiquerons d'abord, pour suppléer au calcul des coordonnées du centre de gravité, un procédé graphique simple et d'un usage assez commode. Supposons qu'il s'agisse de trouver le centre de gravité du triangle mixtiligne Gac (Pl. XI, fig. 7) : on menera, dans l'intérieur de ce triangle, une suite de lignes paralleles à la ligne Gc, et on

construira la courbe qui partage chacune de ces lignes en deux parties égales; on menera également une suite de lignes paralleles à la ligne ac, et on construira de la même maniere la courbe qui les partage en deux parties égales. Le centre de gravité cherché se trouvera au point d'intersection des deux courbes.

Ce procédé paraît donner une exactitude plus que suffisante pour la pratique, sur-tout quand la figure est construite avec soin, et avec des dimensions un peu grandes. Mais les personnes qui ne le trouveraient pas assez rigoureux pourront, soit pour chercher les centres de gravité, soit pour évaluer les aires des figures mixtilignes, faire usage de la méthode suivante, qui a été exposée par M. de Prony dans son Architecture hydraulique (1). Cette méthode s'applique également à des courbes soumises ou non à la loi de continuité, et on obtient par son moyen des résultats qui ne different du véritable que d'une quantité qu'on peut rendre aussi petite qu'on le desire.

Considérons l'espace compris entre la ligne $A^{(1)}\ A^{(2)}\ A^{(3)}\ldots\ldots$ (Pl. X, fig. 8) qu'on regardera comme l'axe des abcisses, et la courbe $M^{(1)}\ M^{(2)}\ M^{(3)}\ldots\ldots$, dont la concavité est tournée du côté de cet axe, et proposons-nous de trouver d'abord l'expression de l'aire de cet espace. On partagera la portion de l'axe qui répond à l'espace que l'on veut évaluer en un nombre pair de parties égales, et, par chacun des points de division, on élevera une ordonnée. Plus les ordonnées seront rapprochées, et moins l'expression trouvée différera de la véritable.

L'esprit de la méthode consiste à regarder l'intervalle répondant à deux divisions comme appartenant à une portion de parabole, dont l'expression de l'aire est très-simple. Ainsi, dans l'intervalle $A^{(1)}\ M^{(1)}\ M^{(3)}\ A^{(3)}$, l'ordonnée intermédiaire $A^{(2)}\ M^{(2)}$ sera considérée comme un diametre de la parabole. L'aire de cet intervalle sera donc

(1) Nouvelle Architecture hydraulique, tome I, page 93. On peut voir dans cet ouvrage la maniere dont la méthode s'applique aux solides de révolution, et aux solides dont la surface n'est point soumise à la loi de continuité.

égale à l'aire du trapeze $A^{(1)}\,M^{(1)}\,M^{(3)}\,A^{(3)}$, qui est exprimée par

$$(y^{(1)}+y^{(3)})\,h,$$

(en appelant h la distance de deux ordonnées, et représentant les ordonnées successives $A^{(1)}\,M^{(1)}$, $A^{(2)}\,M^{(2)}$, etc. par $y^{(1)}$, $y^{(2)}$, etc.) plus l'aire $M^{(1)}\,M^{(2)}\,M^{(3)}\,B$, qui est égale à

$$\tfrac{4}{3}\,h.\,M^{(2)}B.$$

Il est facile de voir que $M^{(2)}B = y^{(2)} - \tfrac{1}{2}(y^{(1)}+y^{(3)})$; ainsi la somme des deux aires sera égale à

$$(y^{(1)}+4y^{(2)}+y^{(3)})\,\tfrac{1}{3}\,h.$$

En cherchant de la même maniere les expressions des aires des intervalles suivants, et les ajoutant à celle-ci, on trouvera pour la formule générale

$$(y^{(1)}+4y^{(2)}+2y^{(3)}+4y^{(4)})+\ldots\ldots+y^{(n)})\,\tfrac{1}{3}\,h,$$

n étant un nombre impair, qui indique le nombre total des ordonnées.

Si l'on veut maintenant avoir la distance du centre de gravité d'un espace semblable à l'une quelconque des ordonnées, à $A^{(1)}\,M^{(1)}$ par exemple, on prendra séparément, par rapport à cette ligne, le moment du trapeze $A^{(1)}\,M^{(1)}\,M^{(3)}\,A^{(3)}$, qui est

$$(y^{(1)}+y^{(3)})\,h\,\frac{y^{(1)}+2y^{(3)}}{y^{(1)}+y^{(3)}}\,\tfrac{2}{3}\,h,$$

ou

$$(y^{(1)}+2y^{(2)})\,\tfrac{2}{3}\,h^2,$$

et celui du segment parabolique, qui est

$$(2y^{(2)}-y^{(1)}-y^{(3)})\,\tfrac{2}{3}\,h^2;$$

on en fera la somme, et on la divisera par celle des surfaces; ce qui donnera pour la distance du centre de gravité du premier trapeze mixtiligne à l'ordonnée $A^{(1)}\,M^{(1)}$

$$\frac{4y^{(2)}+2y^{(3)}}{y^{(1)}+4y^{(2)}+y^{(3)}}\,h;$$

son moment par rapport à la même ligne sera

$$(4y^{(2)}+2y^{(3)})\tfrac{1}{3}h^2.$$

On prendra ensuite la distance du centre de gravité du second trapeze $A^{(3)}M^{(3)}M^{(5)}A^{(5)}$ à la premiere ordonnée, et on aura

$$\frac{4y^{(4)}+2y^{(5)}}{y^{(3)}+4y^{(4)}+y^{(5)}}h+2h,$$

ou

$$\frac{2y^{(3)}+12y^{(4)}+4y^{(5)}}{y^{(3)}+4y^{(4)}+y^{(5)}}h,$$

et son moment par rapport à cette même ordonnée, dont l'expression sera

$$(2y^{(3)}+12y^{(4)}+4y^{(5)})\tfrac{1}{3}h^2.$$

On continuera de la même maniere à prendre les moments de chaque trapeze par rapport à la ligne $A^{(1)}M^{(1)}$; on les ajoutera ensuite, et après avoir divisé la somme par celle de leurs aires, on trouvera pour l'expression générale de la distance du centre de gravité de la figure

$$\frac{0y^{(1)}+1.4y^{(2)}+2.2y^{(3)}+3.4y^{(4)}+4.2y^{(5)}+\ldots\ldots+(n-1)y^{(n)}}{y^{(1)}+4y^{(2)}+2y^{(3)}+4y^{(4)}+2y^{(5)}+\ldots\ldots+y^{(n)}}h,$$

formule dans laquelle le numérateur n'est autre chose que la somme des termes du dénominateur multipliés par la suite des nombres naturels 0, 1, 2, 3, 4, etc.

Au moyen de ces deux formules, on obtiendra avec beaucoup de facilité et de promptitude, les aires et les positions des centres de gravité des différentes parties de la voûte. Mais quoique la méthode qu'on vient d'exposer abrege considérablement les calculs, principalement pour les voûtes en anse de panier décrites avec un grand nombre d'arcs de cercle, ces calculs seraient encore très-longs si on s'astreignait à chercher rigoureusement les valeurs des ordonnées qui entrent dans les formules. Nous observerons à ce sujet qu'en construisant avec soin, et sur une échelle suffisamment grande, l'épure

de la voûte dont on cherche les points de rupture, il suffira de prendre avec le compas la longueur de ces ordonnées. Les légeres erreurs qu'on pourra commettre de cette maniere sont à-peu-près indifférentes, parce que, en général, elles doivent se compenser, et que, d'ailleurs, quand on se tromperait d'un ou de deux centimetres sur l'épaisseur cherchée, il n'en résulterait aucun inconvénient.

NOTE II

Sur la force d'adhérence des mortiers de chaux et ciment, et sur le rapport du frottement à la pression, pour des pierres qui glissent les unes sur les autres.

PARAGRAPHE PREMIER.

Expériences sur l'adhérence des mortiers.

Les prismes de pierre sur lesquels les expériences de M. Boistard ont été faites avaient 135 millimetres de hauteur, et des bases rectangulaires et quarrées de diverses dimensions. Ces prismes, bouchardées sur leurs bases, sans ciselures au pourtour, ont été fichés sur une dalle de la même pierre, aussi bouchardée, soit avec du mortier composé d'un tiers de chaux éteinte depuis dix-huit mois, et de deux tiers de sable de carriere passé au crible, soit avec du mortier composé d'un tiers de la même chaux, et de deux tiers de ciment passé au tamis, toujours sans aucun mélange d'eau.

L'appareil, monté sur deux trétaux, était dans une chambre dont l'air, sans cesse renouvelé, devait produire la même dessiccation dans le mortier que si cet appareil eût été exposé en plein air. On a laissé sécher le mortier pendant seize à dix-huit jours d'un temps très-beau, les deux derniers seulement ayant été pluvieux. Alors on a

cherché à détacher les prismes en les tirant horizontalement par le moyen d'une corde passant sur une poulie de renvoi, qui portait à son extrémité un plateau de balance chargé de poids. Les mortiers étaient secs, sans avoir acquis néanmoins la dureté et la consistance que donne une dessiccation long-temps prolongée.

Chaque expérience a été répétée deux fois : le premier tableau placé à la suite de la note, contient les résultats de la premiere suite d'expériences, sur laquelle on a fait les observations suivantes.

PREMIERE SUITE D'EXPÉRIENCES.

Prismes posés avec le mortier de chaux et sable.

Expérience N° 1. On avait commencé à charger le plateau de balance d'un poids de 4,895 kilogrammes, et de minute en minute on l'augmentait de 489 grammes. La corde très-flexible par le moyen de laquelle la traction s'opérait, était composée de sept fils. La ligne de traction était élevée de 22 millimetres au-dessus de la surface de la dalle. L'axe de la poulie était de bois de hêtre poli au tour. La pierre s'est détachée en tournant sur son arrête antérieure, ainsi que le mortier qui y était adhérent. L'arrête postérieure s'est séparée du mortier qui est resté attaché à la dalle.

N° 2. La pierre a été détachée de la même maniere que dans l'expérience précédente.

N° 3. On s'est servi, pour détacher la pierre, d'une grosse ficelle et du même axe. La ligne de traction était élevée, ainsi que dans les expériences suivantes, de 19 millimetres au-dessus de la surface de la dalle.

N° 4. La pierre a été détachée de la même maniere que dans l'expérience précédente.

N° 5. On s'est servi d'une petite corde et du même axe. La poulie frottait un peu contre la chappe.

N° 6. La pierre a été détachée de la même maniere que dans l'expérience précédente, quelques minutes après que la charge eut été complétée.

N° 7. On a employé un axe de fer et une vieille corde de 23 millimetres de diametre. La pierre était restée fichée pendant dix-huit jours. Le mortier est resté adhérent à la dalle, et paraissait former un plan incliné du devant au derriere de la pierre : on voit donc que la pierre commence à se détacher par derriere, et tourne sur l'arrête de devant.

N° 8. La pierre s'est détachée subitement, en posant le sixieme poids de 24,48 kilogrammes : on croit que la corde, en s'allongeant subitement, a produit une force vive. Cette expérience est donc incertaine.

Les prismes à base rectangulaire ont toujours été détachés dans le sens de la plus grande dimension de leurs bases.

Prismes posés avec le mortier de chaux et ciment.

Expérience N° 1. On supposait que la pierre supporterait un effort au moins égal à celui de la pierre de même dimension posée avec le mortier de chaux et sable. On a donc commencé à charger le plateau de balance, en y posant un poids de 24,48 kilogrammes. La corde s'est détendue subitement, et a produit une secousse qui a fait détacher la pierre. Ainsi cette expérience est incertaine.

N° 2. On s'est servi, pour détacher la pierre, de la petite ficelle et de l'axe de bois.

N° 3. La pierre s'est détachée au moment où on a posé le troisieme poids de 24,48 kilogrammes. La charge ayant été trop subite, cette expérience est incertaine.

N° 4. Cette expérience donne lieu à la même observation que l'expérience n° 3.

N° 5. On s'est servi, pour détacher la pierre, de la petite corde et de l'axe de bois.

N° 6. Cette expérience est incertaine, par la même raison que les expériences n° 3 et n° 4.

N° 7. On s'est servi d'une petite corde et de l'axe de fer. La pierre a passé la nuit sous une charge de 147 kilogrammes.

N° 8. On s'est également servi de la petite corde et de l'axe de fer.

On voit qu'ici les seules expériences qui puissent être admises, sont celles numérotées 2, 5, 7 et 8. La ligne de traction était placée à la même hauteur que dans les expériences correspondantes sur les prismes fichés en mortier de chaux et sable. Les pierres se sont détachées de la même maniere, en s'élevant par derriere où le mortier est resté adhérent à la dalle.

SECONDE SUITE D'EXPÉRIENCES.

Les résultats de la seconde suite d'expériences faites sur les mêmes prismes, fichés de la même maniere, sont consignés dans le second tableau. Les pierres ont été détachées après dix-sept et dix-huit jours de dessiccation. Dans les expériences n° 1, n° 2, n° 3 et n° 4, on s'est servi d'une petite corde dont la résistance peut être négligée. Dans les quatre autres, on s'est servi d'une vieille corde de 23 millimetres de diametre, passant sur une poulie qui avait une boîte en cuivre et un axe en fer de 27 millimetres de diametre. La ligne de traction était élevée de 20 millimetres au-dessus de la surface de la dalle. Les prismes ont offert, en se détachant, les mêmes circonstances qu'ils avaient déja présentées dans la premiere suite d'expériences.

RÉSULTAT DES EXPÉRIENCES.

Il résulte de ces expériences, et principalement de celles qui ont été faites sur les prismes dont les bases étaient les plus grandes, que la force d'adhérence des mortiers est proportionnelle à la surface; que celle du mortier de sable est beaucoup plus considérable que celle du mortier de ciment, et que la premiere peut être évaluée à 6960 kilogrammes, et la seconde à 3700 kilogrammes par metre quarré. On a observé d'ailleurs qu'après une dessiccation prolongée pendant un an, la force d'adhérence du mortier de ciment était moitié moindre que celle du mortier de sable.

Il n'en est pas de même lorsque les mortiers sont employés sous l'eau. M. Boistard a fait, sur cet objet, une expérience dont il résulte que deux pierres, dont la surface de la base était de 0,0469 metre

quarré, ayant été fichées le même jour, l'une en mortier de ciment, et l'autre en mortier de sable, et descendues aussitôt sous l'eau, on a éprouvé, seize mois après, qu'un poids de 56,29 kilogrammes a suffi pour détacher la seconde, qui pesait 16,15 kilogrammes, et où le mortier était aussi mou qu'au moment de l'emploi, tandis qu'un poids de 490 kilogrammes n'a pas suffi pour détacher la premiere, qui pesait le même poids, et où le mortier de ciment était excessivement dur.

§ II.

Expériences sur le frottement des pierres glissant les unes sur les autres.

Le troisieme tableau, placé à la suite de cette note, contient le détail de ces expériences. Il en résulte que le frottement est proportionnel à la pression, et que le plus ou moins d'aspérités des surfaces influe peu sur la valeur de ce frottement, qui est toujours égal aux quatre cinquiemes de la pression.

PREMIER TABLEAU.

Numéros des expériences.	Longueur des bases des prismes.	Largeur des bases des prismes.	Surface des bases des prismes.	Poids des prismes.		Poids qui ont détaché les prismes.	
				Mortier de sable.	Mortier de ciment.	Mortier de sable.	Mortier de ciment.
	metres.	metres.	met. quarrés.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.
1.	0,108.	0,108.	0,0117.	3,92.	3,92.	77,83.	29,27.
2.	0,153.	0,076.	*idem.*	4,16.	4,04.	72,45.	53,85.
3.	0,217.	0,108.	0,0234.	7,95.	7,95.	166,43.	80,77.
4.	0,153.	0,153.	*idem.*	7,83.	7,95.	163,01.	56,29.
5.	0,265.	0,131.	0,0347.	11,63.	11,87.	264,82.	163,01.
6.	0,187.	0,187.	*idem.*	11,87.	12,24.	283,91.	80,77.
7.	0,306.	0,153.	0,0469.	16,52.	16,52.	450,34.	227,62.
8.	0,217.	0,217.	*idem.*	16,28.	16,15.	146,85.	268,74.

DEUXIEME TABLEAU.

Numéros des expériences.	Longueur des bases des prismes.	Largeur des bases des prismes.	Surface des bases des prismes.	Poids des prismes.		Poids qui ont détaché les prismes.	
				Mortier de sable.	Mortier de ciment.	Mortier de sable.	Mortier de ciment.
	metres.	metres.	met. quarrés.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.	kilogrammes.
1.	0,153.	0,076.	0,0117.	4,16.	4,04.	56,29.	25,45.
2.	0,108.	0,108.	*idem.*	3,92.	3,92.	25,45.	42,59.
3.	0,153.	0,153.	0,0234.	7,83.	7,95.	171,33.	63,64.
4.	0,217.	0,108.	*idem.*	7,95.	7,95.	203,63.	99,37.
5.	0,265.	0,131.	0,0347.	11,63.	11,87.	386,71.	184,54.
6.	0,187.	0,187.	*idem.*	11,87.	12,24.	388,67.	192,87.
7.	0,306.	0,153.	0,0469.	16,52.	16,52.	417,06.	252,10.
8.	0,217.	0,217.	*idem.*	16,28.	16,15.	423,42.	245,73.

TROISIEME TABLEAU

SURFACE DE LA PIERRE.	VALEUR DE LA PRESSION.	VALEUR DU FROTTEMENT.	RAPPORT DU FROTTEMENT A LA PRESSION.
metres quarrés.	kilogrammes.	kilogrammes.	
La surface de la pierre est piquée.			
0,3166.	81,99.	70,49.	0,8597.
idem.	369,45.	276,57.	0,7485.
La surface de la pierre est bouchardée.			
0,3339.	81,99.	62,66.	0,7641.
idem.	369,45.	280,00.	0,7578.

CHAPITRE V.

DE L'ÉPAISSEUR ET DE LA FORME DES PILES.

SECTION PREMIERE.

DE L'ÉPAISSEUR DES PILES.

Les piles des ponts peuvent être considérées sous deux points de vue principaux : on peut les regarder comme destinées à porter le poids des arches, ou bien à servir de culées et à résister à la poussée des voûtes.

Dans les ouvrages antiques, les piles ont toujours des épaisseurs considérables, et le pont de Vicence est presque le seul où on n'ait pas suivi cet usage. Les ponts construits dans le moyen âge sont portés, comme les ponts antiques, par des piles plus épaisses même qu'il ne serait nécessaire qu'elles le fussent pour remplir la fonction de culées.

Lorsque les ingénieurs eurent soumis au calcul la poussée des voûtes et déterminé, d'après l'hypothese de la Hire, l'épaisseur nécessaire aux culées, ils penserent que les piles devaient avoir cette même épaisseur, et c'est d'après ce principe qu'on a projeté la plupart des grands ponts construits dans le dernier siecle, soit en France, soit dans les autres pays de l'Europe. Les piles des ponts de Blois, de Saumur, d'Orléans, de Moulins, de Tours, de Westminster, etc., sont assez épaisses pour servir de culées, et, dans leur construction, les voûtes ont toujours

été cintrées les unes après les autres. Il eût sans doute été très-imprudent d'exposer des ponts composés d'un aussi grand nombre d'arches à être entièrement renversés dans le cas où une de leurs piles serait affouillée.

Mais lorsqu'on a élevé, sur la fin du dernier siecle, de grandes voûtes en anse de panier très-surbaissée, et des arches en arc de cercle d'un grand rayon, on a été obligé de renoncer à la loi qu'on s'était faite de donner aux piles l'épaisseur nécessaire pour résister à la poussée des arches. Si on avait continué à s'astreindre à cet usage, il eût fallu construire des piles énormes, qui, à l'inconvénient de donner au pont un aspect extrêmement lourd, auraient réuni les inconvénients plus importants, d'entraîner des dépenses considérables, et d'obstruer beaucoup le passage de l'eau.

Ce dernier défaut donne effectivement lieu à la principale objection qu'on fasse contre les piles épaisses. La résistance qu'une pile oppose au courant et la contraction qu'elle lui fait éprouver, dépendent, en grande partie, de la largeur de cette pile, et, toutes choses égales d'ailleurs, un pont dont les piles seront épaisses aura plus de disposition à être affouillé que celui où elles seront minces, et il faudra, par cette raison seule, augmenter la surface de son débouché, et conséquemment sa longueur. Mais on peut diminuer la force de cette objection en observant que, quand les dimensions d'une pile sont un peu considérables, il est difficile qu'elle soit emportée par une seule crue; on peut presque toujours arrêter les progrès des affouillements avant qu'ils ne soient devenus dangereux. Une pile étroite ne peut jouir des mêmes propriétés, à moins qu'elle ne porte sur de larges empatements, et alors l'avantage qu'elle offre, sous le rapport de l'économie, se réduit presque à rien.

Mais si la légere épargne qu'on peut faire sur la maçonnerie en employant des piles étroites est très-peu de chose, et s'il n'y en a presque point sur la fondation, à raison des larges retraites sur lesquelles il est convenable de les établir, elles nécessitent une augmentation considérable dans la dépense des cintres, parce qu'elles obligent à cintrer toutes les arches en même-temps, tandis que, sans cela, les bois employés aux deux premieres peuvent servir pour toutes les autres. Cet inconvénient est presque toujours très-important, et il le deviendra d'autant plus que la rareté des bois se fera sentir davantage. Dans les cas même où il n'y a aucun danger à faire porter les arches sur des piles très-minces, comme lorsqu'elles sont établies sur le rocher et qu'on ne craint pas qu'aucune d'elles puisse jamais être emportée, l'augmentation du prix des cintres peut obliger à rejeter totalement l'emploi de ces piles, et à proscrire, par conséquent, les arches très-surbaissées qui les exigent absolument. Il paraît effectivement que les arches en arc de cercle, ou en anse de panier très-surbaissée, doivent toujours être portées sur des piles peu épaisses, et que l'une de ces dispositions entraîne nécessairement l'autre. Les inconvénients qui résultent de l'emploi des piles minces se joignent donc à toutes les raisons qui s'opposent à ce que les voûtes très-surbaissées soient adoptées généralement pour la construction des ponts, et qui semblent prouver qu'on ne doit se servir de ces sortes de voûtes que dans des circonstances où il serait impossible de faire autrement.

Lorsqu'on ne peut pas donner à toutes les piles l'épaisseur qu'elles devraient avoir, et lorsque, cependant, la grande longueur du pont et la nature du terrain laissent quelques craintes sur la solidité de l'édifice, on peut adopter une disposition qui

diminue un peu les dangers résultant de l'emploi des piles minces. On peut partager le pont en plusieurs parties, en construisant, d'espace en espace, des piles capables de soutenir la poussée des voûtes. Alors si une pile intermédiaire vient à être emportée, cet événement entraîne, à la vérité, la chûte de quelques arches, mais on n'est point obligé de reconstruire le pont tout entier. Si le pont était établi sur un radier général, on ne devrait pas craindre les affouillements ; cependant, comme il peut encore se faire que quelques parties du radier soient emportées, il est convenable, dans ce cas même, de mettre la résistance des piles en équilibre avec la poussée.

Lorsque les piles doivent servir de culées, on détermine leur épaisseur d'après les principes exposés dans le chapitre précédent. Quand leur objet est seulement de porter le poids des arches, la résistance de la pierre dont elles sont construites est la principale considération à laquelle on doive avoir égard, et la seule qu'on puisse soumettre au calcul. Elle conduit à des dimensions fort inférieures à celles qui sont en usage. Perronet a remarqué que les piles du pont de Neuilly supporteraient encore la masse dont elles sont chargées, si on réduisait leur épaisseur à 35 centimetres. Il admettait, à la vérité, qu'on ferait porter à la pierre un poids égal à celui sous lequel elle s'est écrasée dans les expériences; et, si on suppose, comme dans le chapitre troisieme, qu'on lui fait seulement porter le tiers de ce poids, il s'en suivra qu'on aurait pu ne donner aux piles du pont de Neuilly que 1,05 metre, tandis que ces piles, qu'on regarde comme très-hardies, ont effectivement 4,22 metres d'épaisseur. Il paraît, d'après cet exemple, qu'on ne doit point, pour fixer l'épaisseur d'une pile, s'en rapporter uniquement à la force de la

pierre ; il faut avoir égard aussi à diverses circonstances qu'il n'est pas possible de soumettre au calcul, telles que la nature de la construction qui peut être uniquement en pierres de taille, ou dont quelques parties peuvent être en moëllons ou en libages, la force des chocs à laquelle la pile doit être exposée, soit de la part des glaces, soit de la part des arbres ou des autres corps que la riviere peut entraîner, et sur-tout la maniere dont la pile doit être fondée. Il n'est pas douteux, en effet, que, lorsque la charge considérable qu'une pile doit soutenir est répartie sur une grande surface, sa fondation ne doive inspirer plus de confiance, soit sous le rapport des affouillements, qui sont alors moins dangereux et plus faciles à réparer, soit sous le rapport des tassements inégaux qui peuvent s'y manifester ; et on ne peut gueres, par cette raison, se dispenser de faire porter sur une large base une pile dont le corps a peu d'épaisseur.

SECTION II.

DE LA FORME DES PILES.

La forme des piles, et sur-tout celle de leurs avant-becs, est un objet important, et qui, lorsque les piles sont très larges, peut influer considérablement sur la solidité et sur la durée d'un pont. Quand cette forme est mal conçue, elle est effectivement une des causes des affouillements qui se manifestent, et elle ajoute toujours à l'énergie de celles qui peuvent provenir d'ailleurs.

Il paraît, au premier coup d'œil, que si le débouché d'un pont

est réglé de maniere à ce que le rapport, marqué par le régime de la riviere, entre la résistance du sol et la vîtesse moyenne du courant, ne soit pas sensiblement altéré, il est impossible qu'il se produise aucun affouillement; et cela serait vrai, si cette vîtesse moyenne se distribuait uniformément dans toute la masse des eaux auxquelles le pont donne passage. Mais les obstacles que les piles et les naissances des arches opposent au courant, nuisent à cette égale répartition de la vîtesse, et, tandis qu'il se forme des courants particuliers très-rapides, on voit, dans d'autres endroits, les eaux tournoyer et revenir sur elles-mêmes. Il est donc important de donner aux piles la forme la plus propre à prévenir ces effets dont les suites sont plus ou moins dangereuses.

Dans les piles des ponts antiques, la base des avant-becs est ordinairement un demi-cercle ou un triangle rectiligne; mais les constructeurs modernes ont souvent arrondi les angles formés par les faces des avant-becs et du corps de la pile. On trouve quelques ponts, bâtis dans le moyen âge, où les avant-becs ont été entièrement supprimés, et où les piles sont terminées parallèlement aux têtes. Cette derniere disposition est la plus vicieuse de toutes. On remarque, en effet, que, quand le courant vient frapper l'avant-bec d'une pile, l'eau s'éleve à sa rencontre; les filets qui tendent à choquer cet avant-bec sont forcés de se détourner de chaque côté, et produisent deux courants obliques qui s'éloignent des faces latérales de la pile contre lesquelles il n'y a plus qu'une eau stagnante ou tournoyante. Ces deux courants vont resserrer le courant principal, en formant avec ceux produits par les piles voisines des especes de barrages en entonnoir, où l'eau coule moins vîte vers les bords qu'au milieu, parce qu'elle

a perdu de sa vîtesse contre l'obstacle qu'elle a rencontré ; et quoique, par cette raison, la rapidité du courant soit généralement plus grande au milieu de l'arche qu'à l'épaulement de la pile, cet endroit n'en est pas moins exposé à cause des chûtes et des tournoiements qui s'y forment, et qui attaquent le terrain et causent les affouillements. Tous ces effets, qui se reproduisent plus ou moins, quelle que soit la forme de la pile, sont d'autant plus marqués que les faces frappées par le courant lui sont opposées plus directement.

On sait que, quand l'eau s'introduit dans un canal plus étroit que celui où elle coulait d'abord, la vîtesse doit augmenter par l'effet de la diminution de la section : si l'entrée du canal étroit n'est point évasée, et si la section diminue subitement, il y a nécessairement une contraction qui oblige le courant à prendre une vîtesse plus grande que la diminution de la section ne l'exige. Il est donc important de rendre cette contraction le moins forte qu'il est possible, et cet objet est d'autant plus essentiel qu'on évitera alors la chûte qu'elle occasionne à l'épaulement de la pile, et qui est la cause des affouillements. C'est dans cette vue que nous avons cherché à comparer les effets de la contraction pour des piles de diverses formes, dans des expériences dont nous allons rendre compte, après avoir parlé de quelques recherches qui ont été faites sur le sujet qui nous occupe.

On trouve dans les Recherches sur la construction la plus avantageuse des Digues, de MM. Bossut et Viallet (1), la solution d'un problême dont l'objet est de déterminer la forme la plus convenable à donner à la tête d'une jetée. La tête d'une jetée et

(1) Page 41, édition de l'an 8 (du fonds de Firmin Didot, rue de Thionville.)

l'avant-bec d'une pile sont des constructions assujéties aux mêmes conditions : il s'agit également de défendre ces édifices contre l'action du fluide qui les frappe sans cesse, et il paraît que la forme qui convient à l'un doit convenir également à l'autre. M. Bossut suppose que chaque face de la tête de la jetée est frappée par des filets de fluide dont les directions sont paralleles, et dont les vîtesses sont égales. Il cherche ensuite, d'après la théorie ordinaire du choc des fluides, quelle doit être la forme de la base de chaque face, pour que ce choc soit le moindre possible. Il trouve que la ligne droite résout le problême, et que, si la base est un triangle, ce doit être un triangle isoscele, dont les deux angles égaux seraient de 50 degrés.

Cette solution est sujette à beaucoup de difficultés ; on se contentera d'observer ici que l'on croit entrevoir que la question n'est peut-être pas bien posée. Il semble inutile que la tête d'une jetée, ou l'avant-bec d'une pile reçoive le moindre choc possible de la part du courant, parce qu'on n'a point à craindre que le courant en déplace la masse toute entiere ; cette condition serait, à la vérité, celle qu'il faudrait remplir s'il s'agissait de la proue d'un bateau : mais, quand le parement de la tête d'une jetée est bien construit, elle ne peut jamais être emportée qu'autant que l'eau fouille au pied, et c'est seulement ce dernier effet qu'il est essentiel de prévenir.

M. Garipuy, dans un mémoire manuscrit conservé à l'École des Ponts et Chaussées, a cherché à modifier la forme triangulaire qu'on donne ordinairement aux avant-becs, de maniere à obtenir de la part du fluide une égale pression sur toute la longueur de leurs faces. Comme le fluide accélere un peu son mouvement en parcourant la longueur de l'avant-bec, il suit de la

théorie ordinaire de la résistance des fluides, que chaque face doit être légèrement convexe. La forme qu'on obtient de cette maniere differe fort peu du triangle, et on voit d'ailleurs que la condition à laquelle on s'est assujéti est très-indifférente, et que ce n'est point encore sous ce point de vue qu'il faut considérer la question.

Nous passons sous silence quelques théories du même genre, pour en venir à celle que M. Dubuat a donnée dans ses nouveaux principes d'hydraulique (*). Cet habile observateur a pensé avec raison que l'objet essentiel était de prévenir la contraction et l'affouillement qui en est la suite, et qui se manifestent toujours lorsqu'un courant éprouve un changement brusque dans sa section.

Appelons V la vîtesse moyenne primitive du courant, v la vîtesse moyenne résultant de la diminution de la section; A et a, les largeurs correspondantes du lit; I, la pente par metre de la riviere. S'il ne se forme point de contraction, on aura sensiblement $v = \frac{A}{a}V$. La hauteur due à la vîtesse V est $\frac{V^2}{2g}$, et si l'eau avait acquis cette vîtesse en coulant sur un plan incliné où elle n'eût éprouvé aucun obstacle, elle aurait dû parcourir sur ce plan un espace égal à $\frac{V^2}{2gI}$; si on suppose qu'elle continue de la même maniere à accélérer son mouvement, il faudra, pour acquérir la vîtesse v, qu'elle parcoure de nouveau un espace égal à $\frac{A^2}{a^2}\frac{V^2}{2gI}$. La longueur du retrécissement sera donc représentée par

$$\frac{V^2}{2gI}\left(\frac{A^2}{a^2} - 1\right),$$

et, pour avoir les largeurs intermédiaires entre A et a, il suffira

(*) Du fonds de Firmin Didot : la nouvelle édition en 3 volumes va paraître.

de remarquer que le point où la largeur de la section est égale à x doit être situé à une distance $\frac{V^2}{2gI}\left(\frac{A^2}{x^2}-1\right)$ du point où cette largeur est égale à A.

L'analyse précédente donne les moyens de faire passer un courant d'une section plus grande dans une section plus petite, sans que la pente se trouve altérée, et sans qu'il se forme ni chûte, ni contraction; et quoiqu'on ne tienne pas compte ici de la résistance produite par le frottement, cette inexactitude ne peut pas produire d'erreurs bien sensibles, lorsque la section est un peu considérable. Mais les résultats de cette analyse ne peuvent pas être appliqués rigoureusement à la forme des avant-becs des piles, parce que, dans les cas les plus ordinaires, il faudrait donner à ces avant-becs une longueur excessive, et rendre leur angle très-aigu. La saillie d'un avant-bec étant fort limitée, on ne peut éviter que ce changement de la section ne se fasse plus brusquement qu'il ne devrait se faire, pour que la pente restât la même, et tout ce qu'on peut faire, c'est de donner aux faces de l'avant-bec la forme la moins désavantageuse possible. Pour y parvenir, il suffira de rapprocher entre elles les ordonnées de la courbe déterminée précédemment pour la forme du rétrécissement, de maniere à ce que la distance $\frac{V^2}{2gI}\left(\frac{A^2}{a^2}-1\right)$, qui se trouve entre les points où les largeurs de la section sont A et a, se trouve égale à la portion de la longueur de la pile à laquelle on veut donner une forme curviligne.

Quelque important qu'il soit cependant de donner aux piles la forme la plus propre à prévenir une contraction trop forte, cette condition n'est pas la seule à laquelle on doive avoir égard.

Il faut aussi chercher à les garantir des effets du choc des glaces, des trains de bois et des bateaux : on ne peut y parvenir qu'en donnant aux avant-becs beaucoup de solidité; qu'en prenant garde de faire leur angle saillant trop aigu, ce qui donnerait trop de prise aux dégradations, et d'émousser trop cet angle, ce qui le rendrait moins propre à briser et à écarter les glaçons. Pour éviter la contraction, il est indispensable de faire des avant-becs très-longs, et de les terminer en pointe. Il est donc impossible de remplir à-la-fois les deux convenances; et comme, suivant le cas où on se trouve, il peut être plus essentiel d'avoir égard à l'une qu'à l'autre, on choisit parmi les formes usitées celle qui est la plus propre à remplir l'objet qu'on a principalement en vue. Nos expériences mettront les constructeurs à même de faire ce choix avec connaissance de cause.

Ces expériences ont été exécutées par le moyen d'un canal rectangulaire, en planches de 50 centimetres, de largeur, dans lequel on plaçait des modeles de piles de 15 centimetres d'épaisseur, et où l'eau coulait sur euviron 40 millimetres de hauteur. On imprimait au fluide, par le moyen d'une chûte, une vîtesse d'environ 3,9 metres par seconde, ce qui est à-peu-près celle des grandes rivieres dans les crues. On a observé avec soin toutes les circonstances de la contraction dans différentes especes de piles, et mesuré et modelé les remous et les courants qui se formaient.

La premiere expérience (Pl. XIII, fig. 1), a été faite sur une pile dont l'avant-bec était rectangulaire. Le remous formé au-devant de la pile a présenté une espece de bourrelet A, à-peu-près circulaire, qui s'est élevé de 34 millimetres au-dessus du niveau de l'eau, en formant à l'angle d'épaulement une chûte presque verticale. Le long des faces latérales de la pile, on observait deux

autres courants B, C, inclinés assez uniformément, et qui n'étaient réels qu'à la surface. Au-dessous, l'eau animée de la vîtesse due à la chûte du remous, formait une nappe très-rapide et très-dangereuse. Lorsqu'on substituait deux culées à la pile, il se formait deux bourrelets pareils, qui allaient se rencontrer au milieu de l'arche où ils se croisaient réciproquement. On a tracé, au-dessous de la figure, les profils de l'eau pris en différents endroits. On les distinguera facilement au moyen des lettres de renvoi.

Dans la seconde expérience (fig. 2), l'avant-bec de la pile offrait un triangle dont l'angle saillant était droit. Il ne forme pas un aussi grand obstacle que le rectangle; cependant le remous s'éleve aussi haut. Les deux courants qui s'établissent contre les flancs de la pile sont bien moins forts, mais la chûte qui se forme à côté de l'épaulement est pour le moins aussi profonde et peut-être plus dangereuse. Le courant forme au-devant du remous une espece de nappe où l'eau retombe en revenant sur elle-même, ainsi qu'on peut le voir par les profils.

La troisieme expérience (fig. 3) a été faite sur une pile où le plan de l'avant-bec était un demi-cercle. Le remous s'est élevé à-peu-près à la même hauteur que dans les expériences précédentes, mais il était moins large. Il formait deux courants : le premier A suivait une pente douce le long des faces de la pile; le second B semblait être produit par l'opposition du premier; et aucun des deux ne formait de chûte contre la pile. L'eau s'éleve au-devant de la pile en amont, mais au milieu de l'arche, elle conserve sensiblement son niveau, et augmente seulement de vîtesse à mesure que le courant principal est resserré par les deux courants résultant du remous.

La quatrieme expérience (fig. 4) a été faite sur un avant-bec dont la base était un triangle équilatéral. On y a remarqué les mêmes effets que dans les deux premieres; mais ils y étaient moins sensibles. Le remous a une hauteur moins grande, et les courants latéraux divergent moins; la chûte, quoique moins forte, subsiste encore à l'épaulement.

Les deux côtés de la base de l'avant-bec étaient formés, dans la cinquieme expérience (fig. 6), par deux arcs de cercle égaux au sixieme de la circonférence, décrits sur les côtés d'un triangle équilatéral. Il ne s'est point formé de cataracte à l'épaulement: le courant a pris, le long des faces de la pile, une pente qui s'étendait jusqu'à l'arriere-bec. Il se produit de chaque côté, comme pour l'avant-bec demi-circulaire, un second courant qui ne commence pas aussi-tôt, et qui ne s'éleve pas d'abord à une aussi grande hauteur, mais qui est aussi considérable à la sortie de l'arche. Le remous ne s'éleve pas tout-à-fait autant, mais l'eau retombe également en nappe.

Dans la sixieme expérience (fig. 5), la forme de la pile était celle d'une ellipse dont le petit diametre est le quart du grand. L'eau s'éleve beaucoup moins au-devant de la pile que dans les expériences précédentes, et les courants latéraux ont également une pente uniforme le long de ses faces. Le second courant est relativement plus considérable, et devient même plus haut que le premier avec lequel il se confond à la sortie de l'arche. Tous deux s'étendent sur une moins grande largeur.

La septieme expérience (fig. 7) a été faite sur une pile où la base de l'avant-bec était un triangle mixtiligne concave. On n'emploie point aux piles des avant-becs de cette forme, mais on en a quelques fois fait usage pour le raccordement des culées avec leurs

murs d'épaulement. Elle est sans doute la plus dangereuse de toutes. A partir de l'avant-bec, l'eau s'éleve considérablement jusqu'à l'angle d'épaulement, où elle forme une chûte plus forte que dans toutes les autres expériences et dont le fond est plus bas que le niveau général du courant. Le courant latéral obligé de se détourner, est de chaque côté accompagné de deux autres : l'un joignant la pile, est assez faible; l'autre, peu élevé d'abord, acquiert bientôt plus de volume, parce qu'il est soulevé par l'eau du courant principal, et ne s'abaisse qu'à une distance considérable en aval.

Dans la huitieme expérience (fig. 8), l'avant-bec de la pile avait la même forme que dans la cinquieme (fig. 6), mais on a supposé que les naissances des arches étaient surmontées par le courant. Le remous est devenu alors très-considérable, et les courants qui en résultent ont presque autant divergé qu'ils l'ont fait dans la premiere expérience; la chûte était très-forte et très-large; et des trois courants séparés qui se sont formés de chaque côté, ceux qui joignaient la pile ont été constamment les moins élevés. Ils ont tous été se confondre à une distance assez éloignée.

On voit par ces expériences que toutes les fois que les faces de l'avant-bec sont réunies à celles de la pile par une courbe qui leur est tangente, et que l'eau ne surmonte point les naissances des arches, il ne se forme pas de chûte à l'épaulement, et qu'il se produit alors deux autres courants à côté de ceux qui enveloppent la pile, et qui sont peu rapides. Les affouillements ne sont donc pas fort à craindre dans ce cas, et d'autant moins que les courants les plus rapides sont ceux qui s'éloignent le plus de la pile. On peut remarquer aussi que la pile elliptique a de grands avantages sur toutes les autres, et occasionne une con-

traction beaucoup moins considérable, parce que les courants latéraux divergent à de moins grandes distances.

A l'égard des avant-becs dont le plan est triangulaire, le triangle équilatéral est de beaucoup préférable au triangle rectangle, qui présente un obstacle presque aussi grand que la pile rectangulaire, et qui est peut-être encore plus dangereux, parce que le lieu de la plus grande chûte se trouve précisément à l'angle d'épaulement, tandis que, dans la pile rectangulaire, il s'en éloigne un peu. Il faut donc, si on emploie des faces droites, préférer le triangle équilatéral, sauf à arrondir l'angle opposé au courant, si on avait des craintes sur sa solidité.

L'avant-bec dont le plan est un triangle équilatéral mixtiligne, est de beaucoup préférable à tous les autres. Il réunit le double avantage de produire le moins de contraction et le moins d'affouillement possible, et de présenter à l'angle saillant une solidité suffisante, puisque cet angle est mesuré par le tiers de la circonférence. La pile ovale est la seule qui occasionne une contraction moins considérable, et qu'on puisse lui préférer sous ce rapport.

Les expériences décrites ci-dessus ont été faites sur un courant où la vîtesse était de 3,9 metres par seconde. Comme les rivieres en prennent quelquefois une plus forte dans les crues, on a fait deux autres expériences en imprimant au courant une vîtesse de 4,87 metres.

Dans la premiere (fig. 9), la base de l'avant-bec était formée par deux arcs égaux au sixieme de la circonférence. Le remous produit à la rencontre de la pile s'élevait à une hauteur près de deux fois plus considérable que celle qu'il avait pour la vîtesse de 3,9 metres, et quoiqu'il n'y eût point de chûte, la pente formée le long des faces de la pile était beaucoup plus rapide. Elle

ne s'étendait cependant pas au-delà de l'extrémité du corps quarré, et le niveau de l'eau se relevait considérablement à l'arriere-bec, ainsi qu'on peut en juger par le profil *eagf* pris sur la longueur de la pile. Cet effet singulier, et qu'on observe dans toutes les circonstances semblables, provient de ce que l'eau est forcée de couler d'abord avec une pente considérable, en vertu de laquelle elle puisse obtenir la vîtesse relative à la diminution de section que le corps de la pile lui fait éprouver; et lorsque, en arrivant à l'arriere-bec, la section s'élargit, la vîtesse redevient ce qu'elle était, et l'eau remonte presque au niveau qu'elle avait d'abord, afin que, pour chaque point, la pente du fluide ait précisément la valeur qui convient à la vîtesse correspondante.

Cette expérience s'accorde avec une observation faite au pont de la Drôme par M. Montluisant, ingénieur des ponts et chaussées. Il releva la trace laissée par les eaux sur les faces de la pile et de ses avant et arriere-becs après une crue, et trouva que l'eau qui s'était élevée à-peu-près à la même hauteur, à l'avant et à l'arriere-bec de la pile, s'était abaissée d'environ 1,5 metre à l'angle d'épaulement d'amont et le long du corps quarré. Cet effet analogue à celui qu'on vient de décrire, parut assez extraordinaire pour être révoqué en doute dans un temps où les connaissances en hydraulique étaient peu avancées. Il a nécessairement lieu dans tous les cas, mais il n'est bien sensible qu'autant que la vîtesse est très-grande.

La seconde expérience faite avec une vîtesse de 4,87 metres par seconde, sur une pile à base elliptique (fig. 10), a présenté les mêmes effets que celle où on avait donné au courant une vîtesse de 3,9 metres, mais ils étaient plus marqués. Elle assure aux piles elliptiques la propriété d'occasionner peu de contraction.

Nous ajoutons ici un tableau qui contient les principales dimensions des courants qui ont été observés dans les expériences précédentes.

Numéros des expériences.	FORME DE LA BASE DE L'AVANT-BEC.	Hauteur de l'eau.		Distance du courant latéral	
		à l'avant-bec.	au milieu de la pile.	vis-à-vis l'angle d'épaulement.	vis-à-vis le milieu de la pile.
	La vîtesse est de 3,9 metres par seconde.	Metres.	Metres.	Metres.	Metres
1.	Rectangle	0,041.	0,018.	0,099.	0,203.
2.	Triangle rectangle	0,036.	0,014.	0,081.	0,126.
3.	Triangle équilatéral	0,034.	0,016.	0,036.	0,072.
4.	Demi-cercle	0,038.	0,023.	0,023.	0,095.
5.	Triangle mixtiligne	0,036.	0,016.	0,027.	0,077.
6.	Ellipse	0,032.	0,011.	0,018.	0,061.
7.	Triangle mixtiligne concave	0,036.	0,009.	0,036.	0,104.
8.	Triangle mixtil. et naissances noyées	0,045.	0,009.	0,041.	0,189.
	La vîtesse est de 4,87 metres par seconde.				
1.	Triangle mixtiligne	0,072.	0,032.	0,090.	0,131.
2.	Ellipse	0,059.	0,045.	0,045.	0,081.

Les expériences et les observations précédentes mettront le lecteur à même d'apprécier les avantages et les inconvénients des diverses especes d'avant-becs sous le rapport de la contraction plus ou moins grande et plus ou moins dangereuse qu'ils font éprouver au courant. Mais il ne faut point oublier que les avant-becs ont aussi pour objet de briser les glaces, et d'empêcher qu'aucun corps flottant ne puisse s'arrêter contre les piles d'un pont et y diminuer la section, ce qui tendrait nécessairement à produire des affouillements.

Les glaces sont, dans les lieux où la température est la même, d'autant plus dangereuses que le cours des rivieres est plus lent. Dans ce cas, en effet, elles gelent plus promptement, et les glaçons, qui ont eu le temps d'acquérir une épaisseur plus considérable, se détachent en plus grandes masses. Il est donc essentiel, sur-tout dans ce cas, de prendre des précautions relativement à l'effet qu'ils peuvent produire, et de faire l'angle saillant des avant-becs plus aigu. Si on avait des craintes sur sa solidité, on pourrait l'armer de bandes de fer, ou d'un prisme de fonte maintenu dans la maçonnerie.

Un des meilleurs moyens qu'on ait proposé pour remédier aux inconvénients qui résultent des glaces que les rivieres entraînent, est celui que Perronet avait adopté pour le pont projeté sur la Neva, à Saint-Pétersbourg. Il consiste à incliner en avant l'arrête saillante de l'avant-bec : au moyen de cette disposition, les glaçons qui viennent le frapper tendent à remonter un peu le long de cette arrête; alors leur poids agit de chaque côté pour les faire rompre, et chaque partie est facilement entraînée par le courant.

La forme des arriere-becs n'est pas aussi importante que celle des avant-becs, et il y a même un grand nombre d'anciens ponts où ils se trouvent entièrement supprimés. Dans ce dernier cas, l'espace qu'ils auraient occupé est remplacé par une eau stagnante ou tournoyante, et c'est ce qu'il est convenable de prévenir. Il est donc plus avantageux de construire des arriere-becs auxquels on pourra donner la même forme qu'aux avant-becs. Lorsqu'une riviere a été resserrée par un obstacle, tel qu'une pile, dont l'effet est de diminuer la largeur de son lit, les deux courants qui se sont formés le long de ses faces se rejoignent en aval, après avoir

décrit une espece de triangle curviligne. Il se rencontrent donc après avoir prolongé de chaque côté les faces de l'arriere-bec, et il résulte souvent de cette circonstance des affouillements qui ne sont gueres moins fréquents à l'aval qu'à l'amont des ponts. Cela doit engager les constructeurs, non seulement à ne jamais supprimer les arriere-becs, mais peut-être même à les allonger davantage qu'on n'est dans l'usage de le faire.

Lorsque les eaux s'élevent beaucoup au-dessus des naissances des arches, la forme de l'avant-bec influe peu sur la nature de la contraction, qui alors dépend principalement de la forme de l'arche, et de la maniere dont l'intrados de la voûte est raccordé avec les faces de l'avant-bec. Une des meilleures manieres de diminuer la contraction dans ce cas, est de pratiquer des cornes de vache, comme au pont de Neuilly; on peut aussi, pour remplir le même objet, terminer les deux faces de l'avant-bec par une surface courbe qui se raccorderait avec celle de la voûte. On en trouve des exemples au pont de Gignac et au pont de Navilly, sur le Doubs. C'est dans la même vue que nous avions projeté, pour un pont à bâtir à Auxonne, des avant et arriere-becs auxquels on avait donné une forme approchant de celle des extrémités d'un navire.

Les avant-becs, destinés à diviser les eaux et à briser les glaces, doivent s'élever jusqu'au niveau des plus grandes crues, ou au moins à la hauteur où se font les débacles. On observera cependant que, dans les arches en anse de panier et en plein cintre, les avant-becs diminuent peu la contraction lorsque les eaux montent beaucoup au-dessus des naissances, parce que les tympans de l'arche offrent alors une grande surface qui se trouve directement opposée au courant. Les avant-becs ne servent plus qu'à recevoir le premier choc des glaçons.

On s'est beaucoup occupé, dans le dernier siecle, de la forme et de la décoration des couronnements des avant-becs. Cet objet n'est pas très-important, mais la solidité de leur construction l'est beaucoup. Les couronnements des avant-becs se dégradent facilement, et on voit souvent croître dans les joints des plantes qui augmentent encore les dégradations. On les préviendra en les formant avec de grandes pierres appareillées avec soin.

On voit (Pl. XIV, fig. 1 et 2) l'élévation et le plan d'une des piles du pont de Moulins. Les avant et arriere-becs sont triangulaires, mais l'angle saillant est arrondi, ce qui lui donne plus de solidité. C'est une précaution dont il ne peut résulter aucun inconvénient, et qu'il est convenable de prendre toujours. Elle est préférable à l'emploi d'un prisme de fonte maintenu dans la maçonnerie, et on ne doit recourir à ce dernier moyen qu'autant qu'on y est forcé par la mauvaise qualité de la pierre. Le chaperon, ou couronnement, a la forme d'une pyramide triangulaire; et on a conservé dans les pierres dont il est construit une partie verticale qui doit toujours avoir au moins 8 à 10 centimetres de hauteur. On a quelquefois couronné des avant-becs à base triangulaire d'un chaperon formé par les prolongements de leurs faces coupés par un plan incliné en avant : on en voit un exemple au pont au Change de Paris (Pl. XVI, fig. 3).

Les fig. 3 et 4, Pl. XIV, représentent une des piles du pont d'Orléans. La base de l'avant-bec est terminée par deux arcs égaux au sixieme de la circonférence; celle de l'arriere-bec est un demi-cercle. L'angle saillant de l'avant-bec n'est pas assez aigu pour avoir ici besoin d'être arrondi, et la forme de cette pile est peut-être celle qui remplit le mieux toutes les conditions auxquelles on doit satisfaire. Les couronnements des avant et

arriere-becs ont une hauteur qui pourrait être diminuée sans inconvénient : tous deux sont formés par une surface conique.

Les figures 5 et 6 représentent une des piles du pont de Pont-Sainte-Maxence. On trouve dans quelques ouvrages étrangers des exemples de piles partagées en deux parties, dont l'intervalle est recouvert par une voûte : mais ces piles sont très-massives, et le pont de Pont-Sainte-Maxence est le seul où on ait osé faire porter des arches sur des points d'appui aussi faibles et aussi isolés. Cette hardiesse n'ayant aucun objet d'utilité, puisqu'elle ne diminue que bien peu la dépense, il est vraisemblable qu'elle ne trouvera point d'imitateurs. Le couronnement des avant-becs est formé par une surface conique qui a fort peu de hauteur, et, comme la pile est très-mince, il est construit avec une seule pierre.

Les fig. 7 et 8 représentent une des piles du pont de la Concorde, à Paris. L'avant-bec est formé par une colonne engagée dans le corps quarré de la pile du quart de son diametre environ, et surmontée d'un chapiteau. Au-dessus de ce chapiteau est placé un court architrave sur lequel regne la corniche dont tout le pont est couronné, et qui porte un socle quarré.

Les fig. 9 et 10 représentent une pile du pont de Neuilly. Le plan des avant et arriere-becs est un ovale, et cet ovale commence sous la voûte même, à l'origine inférieure des cornes de vache. Le couronnement est terminé par une surface conique qui a peu de hauteur.

On a quelquefois élevé les avant-becs des piles jusqu'au niveau de la partie supérieure du pont, en leur faisant porter des colonnes, des obélisques, des figures, ou même de petites boutiques, comme au Pont-Neuf de Paris. Quelquefois aussi ces avant-becs forment un espace entouré du parapet qui regne au-

dessus du pont; cet espace donne un asile aux gens de pied, et il est sur-tout utile dans les ponts qui servent de promenade. Les fig. 9 et 10 de la Pl. XIV représentent une pile du pont de Tolede, à Madrid, qui est dans ce dernier cas. La base de ses avant et arriere-becs est un demi-cercle.

CHAPITRE VI.

DES ABORDS DES PONTS.

SECTION PREMIERE.

DES DIFFÉRENTES MANIERES DE DISPOSER LES ABORDS D'UN PONT.

On a donné, dans le chapitre précédent, d'après la théorie de M. Dubuat, l'équation de la courbe suivant laquelle on devrait tracer le plan des berges d'une riviere, ou des murs de quai et des perrés dont elles peuvent être revêtues, pour que, lorsque le courant, resserré par une construction quelconque, passe de son lit ordinaire dans un lit plus étroit, ces berges fussent le moins dégradées qu'il est possible. Il n'est pas douteux qu'il ne fût très-convenable de rectifier, suivant cette courbe, les berges d'une riviere aux abords d'un pont. Mais en s'assujétissant rigoureusement à ce principe, on pourrait être souvent entraîné dans des dépenses considérables, et comme, d'une part, on a soin, quand on établit un pont, de ne pas diminuer beaucoup le débouché naturel de la riviere, et que, de l'autre, on prend dans la construction toutes les précautions possibles pour prévenir les affouillements, il est vraisemblable que ces dépenses ne seraient pas compensées par les avantages qu'elles auraient procurés.

Lorsque les ponts sont construits dans la campagne, et que le

lit du fleuve a de la stabilité, on se contente ordinairement d'élever de chaque côté un mur AB (Pl. XIV, fig. 13 et 14) qui prend le nom de mur en aile. La partie BC est destinée à raccorder la largeur du pont avec celle de la route qui est ordinairement plus considérable, et on fait le plus souvent regner sur cette partie le parapet dont le pont est couronné. La partie AC est destinée à soutenir les terres des talus de la levée qui aboutit au pont; le dessus du mur est terminé par le plan même du talus qui est quelquefois revêtu de perrés sur une certaine longueur; son extrémité inférieure est coupée verticalement en A, afin qu'elle ait dans cette partie la solidité convenable.

L'angle que le plan des murs en aile doit faire avec l'axe du pont, ne peut être fixé en général : il dépend de la longueur qu'on veut donner à ces murs, et de la différence de la largeur du lit du fleuve entre les deux culées du pont avec sa largeur naturelle.

Les figures 15 et 16 de la Pl. XIV représentent des abords où le mur en aile est dirigé perpendiculairement à l'axe du pont. Cette disposition n'est pas sans inconvénient : elle facilite moins que la précédente l'entrée de l'eau sous le pont, et elle ne peut gueres convenir qu'au cas où les berges naturelles de la riviere ne seraient point sujettes à être dégradées par le courant.

Lorsqu'un fleuve coule dans un terrain que le courant attaque avec facilité, il est indispensable de fixer le lit de ce fleuve dans le lieu qu'on a choisi pour l'emplacement du pont. On y parvient en construisant aux abords des levées qu'on revêt de perrés, si cela est nécessaire, et qu'on prolonge en aval et sur-tout en amont à la distance qu'on juge convenable. Ces levées forment des rives factices que le courant ne peut plus détruire, et entre

lesquelles il est forcé de se maintenir. Les abords du pont de Moulins, sur l'Allier, (fig. 17 et 18), ont été disposés de cette maniere. AB est un pan coupé qui raccorde la largeur de la levée avec celle du pont; BC est un mur en retour construit parallèlement à l'axe du pont; DDD est le perré dont les rives du fleuve sont revêtues, et dont le pied est garanti des affouillements par deux files de pieux entre lesquels on a jeté des moëllons pour former un enrochement; EEE est le perré qui garantit les talus de la levée qui aboutit au pont. Cette levée est plus élevée que les berges de la riviere, parce qu'elle doit être au-dessus des plus hautes inondations, tandis que ces berges peuvent, sans beaucoup d'inconvénients, être couvertes d'eau dans les grandes crues.

Quand les ponts sont construits dans l'intérieur des villes, leurs abords different peu de ceux du pont de Moulins, si les rives sont seulement recouvertes par des perrés. Mais alors les berges de la riviere sont ordinairement élevées, comme la route même qui aboutit au pont, au-dessus des inondations; la différence de hauteur entre cette berge et la route disparaît : les perrés EE sont supprimés, et les perrés DDD sont prolongés jusqu'au point C, et couvrent le talus des quatre levées latérales dont le pont est accompagné. Cette derniere disposition a été adoptée pour les abords du pont d'Austerlitz, à Paris.

Dans l'intérieur des villes, les ponts sont le plus souvent précédés et suivis par des murs de quai. L'angle formé à la rencontre du mur et des têtes du pont présente un obstacle au mouvement des voitures, et on est souvent obligé de couper cet angle, soit par une ligne droite, soit par une ligne courbe. On en voit un exemple en A (fig. 21 et 22): l'angle formé par la portion de mur de quai AB et par la tête du pont est arrondi, et la saillie qui en résulte est portée par une trompe.

Si la largeur du quai et celle du pont étaient peu considérables, et si le passage était très-fréquenté, on ne pourrait pas se contenter d'arrondir ainsi les angles qu'ils forment à leur rencontre. Il faudrait faciliter d'avantage les abords en adoptant une disposition semblable à celle qui a été employée au pont des Tuileries de Paris (fig. 19 et 20), où on a formé, par le moyen d'une grande trompe ABC, un pan coupé qui se rattache aux têtes du pont vers le milieu de la premiere arche. On a jugé nécessaire de pratiquer au Pont-au-Change, situé dans la même ville, un pan coupé qui s'étend encore plus loin, mais qui est soutenu d'une maniere différente; il vient joindre les têtes du pont au-delà de la premiere arche, sur le prolongement de laquelle il est porté.

Les figures 21 et 22 de la planche XIV représentent les abords du pont de Neuilly, qui ont été disposés avec beaucoup de luxe. La portion de mur de quai AB est destinée à raccorder la largeur du pont avec celle de la route, et le mur en retour BC se trouve dans l'alignement du rang d'arbres qui sépare cette route de la contre-allée dont elle est accompagnée. L'intervalle des deux socles C et D correspond à la largeur de cette contre-allée, et le mur de quai CD est prolongé sur une grande longueur, et soutient les terres du chemin GG qui descend sur les berges de la riviere. Afin de ne pas obliger les chevaux de hallage à monter et descendre par les chemins GG, on a pratiqué derriere la culée une voûte et un chemin EE qui leur sont uniquement destinés, et on a revêtu de perrés les terres dont ce chemin est formé.

Indépendamment de la magnificence de cette disposition, elle est la plus convenable de toutes celles qu'on peut adopter pour le hallage, quand les arches sont en plein cintre ou en anse de

panier. Mais lorsque la forme de ces arches est un arc de cercle, il est possible d'éviter toute interruption dans le hallage en faisant passer le chemin sous la premiere arche qui sert alors à la navigation. Ce chemin, auquel on donne de 4 à 6 metres de largeur, est soutenu et garanti par un mur placé au-devant de la culée; et la voûte de l'arche étant fort surbaissée, il reste encore assez d'espace au-dessous de cette voûte pour qu'on puisse passer sur le chemin de hallage, quoiqu'on ait soin de l'élever au-dessus des plus hautes eaux de la navigation. On a vu des exemples de cette disposition dans le livre premier, aux ponts de Pont-Sainte-Maxence et de la Concorde à Paris.

SECTION II.

DES MURS DE REVÊTEMENT DES TERRES.

Les ponts étant presque toujours accompagnés à leurs abords de murs de revêtement destinés à soutenir la poussée des terres, nous avons jugé convenable d'exposer ici les principes d'après lesquels on établit les murs de cette espece. La recherche de ces principes a occupé, dans le dernier siecle, un grand nombre de savants, mais leurs théories ne sont plus actuellement d'aucun intérêt, et nous n'entrerons dans aucun détail sur celles qui ont été données sur ce sujet avant 1773, époque à laquelle Coulomb, dans le mémoire cité chapitre IV, a considéré pour la premiere fois cette question avec les circonstances physiques dont elle est embarrassée. Il a cherché, en ayant égard à la cohésion des terres

et au frottement, quel était le prisme qui exerçait la plus grande poussée sur le mur de revêtement, et il a trouvé, pour déterminer ce prisme, une expression dans laquelle il entrait seulement la hauteur du mur et le rapport du frottement à la pression.

M. de Prony a analysé la question avec beaucoup plus de soin et d'exactitude, et il est parvenu à un théorême qui donne le prisme de plus grande poussée sous une expression très-simple. Ce théorême a été publié, pour la premiere fois, en l'an 8, dans la mécanique philosophique, et M. de Prony l'a exposé de nouveau en 1802, dans ses recherches sur la poussée des terres. C'est d'après ce dernier ouvrage qu'on va donner ici la théorie de la construction des murs de revêtement.

Cette théorie comprend deux questions : dans la premiere, il s'agit d'évaluer l'action des terres sur le mur; dans la seconde, il faut chercher la forme et les dimensions qu'il est convenable de donner au mur pour résister à cette action. On va les traiter successivement.

De la maniere d'évaluer la force qui résulte de la poussée des terres.

Les différentes parties d'une masse de terre sont liées entre elles par la cohésion, et, lorsqu'elles glissent les unes sur les autres, le frottement s'oppose à leur mouvement. Nous supposerons ici, conformément à l'expérience, que la résistance produite par la cohésion est proportionnelle à la surface de rupture, et que le frottement est proportionnel à la pression normale.

L'effort que le mur de revêtement doit soutenir est la pression produite par le prisme de terre qui s'éboulerait si ce mur n'existait pas. Ce prisme est séparé de la masse de terrain par une

surface que l'expérience a démontré être plane dans toutes les terres nouvellement remuées, et l'inclinaison de ce plan du talus est déterminée, pour chaque espece de terre, par la valeur de la cohésion et du frottement. Quand les terres sont peu cohérentes, ou qu'étant nouvellement remuées on peut faire abstraction de leur cohésion, l'inclinaison du plan du talus est indépendante de la hauteur du déblai et se trouve uniquement donnée par la valeur du frottement; mais quand on fait entrer en considération la cohésion des terres, l'analyse démontre que l'angle formé par le plan du talus et par la verticale doit être plus ou moins considérable, suivant que la hauteur du déblai est plus ou moins grande.

On pourrait penser d'abord qu'en cherchant la pression produite par le prisme de terre qui tend à s'ébouler, on doit le considérer comme un corps solide porté sur le plan du talus, où il est retenu par la cohésion et le frottement, et par l'action d'une force horizontale. Mais il faut remarquer, d'une part, que, dans cette hypothese, ce prisme n'a aucune tendance à glisser, puisque l'inclinaison du plan du talus est telle que le frottement et la cohésion seuls y retiennent les terres en équilibre; et, de l'autre, que le prisme ne forme point une masse solide : et si on conçoit qu'on ait fait passer, par son arête inférieure, une suite de plans moins inclinés que celui du talus, il se trouvera nécessairement un de ces plans dont la position sera telle, que le prisme qu'il séparera, considéré dans l'hypothese dont nous venons de parler, aura besoin d'une plus grande force horizontale qu'aucun autre prisme, pour s'opposer à son glissement.

Nommons,

P la puissance horizontale qui soutient le prisme de terre;

ς l'angle formé par la verticale avec un plan quelconque mené par l'arête inférieure du prisme;

γ la force de cohésion sur l'unité de surface;

f le rapport de la pression normale au frottement;

τ l'angle dont la tangente est $\frac{1}{f}$;

h la hauteur du déblai;

π la pésanteur spécifique des terres.

Le poids du prisme de terre porté sur le plan qui fait avec la verticale l'angle ς est $\frac{1}{2}\pi h^2 \text{tang.}\,\varsigma$, en le représentant par la base de ce prisme, et on aura, pour exprimer que ce poids est en équilibre avec la force P, en ayant égard au frottement et à la cohésion,

$$P(\sin.\,\varsigma + f\cos.\,\varsigma) = \tfrac{1}{2}\pi h^2 \text{tang.}\,\varsigma(\cos.\,\varsigma - f\sin.\,\varsigma) - \frac{h\gamma}{\cos.\,\varsigma}.$$

Nous remarquerons ici que les murs de revêtement étant destinés le plus souvent à soutenir des terres nouvellement remuées, et pour lesquelles la valeur de la cohésion est peu considérable, il est convenable d'en faire abstraction dans l'évaluation de la force P; ainsi nous supprimerons le dernier terme du second membre de l'équation précédente qui donnera alors

$$P = \tfrac{1}{2}\pi h^2 \frac{\text{tang.}\,\varsigma(1 - f\,\text{tang.}\,\varsigma)}{\text{tang.}\,\varsigma + f};$$

si on cherche le *maximum* de cette expression en y faisant varier l'angle ς, on trouvera, pour la valeur de tang. ς qui correspond à ce *maximum*,

$$\text{tang.}\,\varsigma = -f \pm \sqrt{(f^2+1)}$$

ou, en mettant à la place de f sa valeur $\frac{1}{\text{tang.}\,\tau}$,

$$\text{tang.}\,\varsigma = \frac{-1 \pm \sqrt{(\text{tang.}^2\,\tau + 1)}}{\text{tang.}\,\tau},$$

ou enfin

$$\text{tang.}\,\varsigma = \text{tang.}\,\tfrac{1}{2}\tau.$$

Quand on suppose nulle la cohésion des terres, l'angle τ est l'angle que le plan du talus fait avec la verticale : ainsi, nous sommes parvenus au théorême démontré par M. de Prony, et nous avons prouvé que, dans cette hypothese, le prisme de plus grande poussée est donné par le plan incliné qui partage l'angle du talus en deux parties égales (1). En mettant, dans l'expression de P, cette valeur de tang. ς, elle deviendra

$$\text{P} = \tfrac{1}{2}\pi h^2\,\text{tang.}^2\,\tfrac{1}{2}\tau,$$

ou, en faisant pour abréger tang. $\frac{1}{2}\tau = t$,

$$\text{P} = \tfrac{1}{2}\pi h^2 t^2.$$

On déduit facilement de cette équation le point de la hauteur du mur où la puissance P peut être censée appliquée. La somme des pressions horizontales sera, pour une hauteur quelconque z, égale à $\frac{1}{2}\pi z^2 t^2$, dont la différentielle est $\pi z t^2\,dz$; cette pression élémentaire agissant à l'extrémité d'un bras de levier dont la longueur est $h - z$, son moment sera représenté par $\pi z t^2$

(1) M. de Prony (Recherches sur la poussée des terres, page 6 et suivantes) parvient au même théorême sans avoir négligé la cohésion, comme on l'a fait ici pour simplifier un peu le calcul. Mais alors l'angle τ n'est pas l'angle du talus naturel des terres; il exprime seulement l'inclinaison du plan sur lequel les molécules de terre se tiendraient en équilibre par le seul frottement.

$(h-z)\,dz$: en intégrant cette expression depuis $z=0$ jusqu'à $z=h$, on trouve, pour la somme des moments,

$$\tfrac{1}{6}\pi h^3 t^2;$$

divisant cette somme par celle des masses qui est $\frac{1}{2}\pi h^2 t^2$, on trouve $\frac{1}{3}h$ pour la valeur du bras de levier. Ainsi le point d'application de la force qui résulte de la poussée de la terre, est situé au tiers de la hauteur du déblai.

Si on suppose que la valeur du frottement diminue, l'angle du talus augmentera et approchera continuellement de l'angle droit. La force P qui augmente en même temps que l'angle du talus, approchera aussi de sa limite, dont on aura la valeur en supposant $t=1$. Cette valeur est

$$P=\tfrac{1}{2}\pi h^2;$$

c'est celle qu'on déduit de la théorie des fluides.

De l'épaisseur et de la forme du mur.

Si la résistance du mur n'est pas suffisante, il peut céder de deux manieres différentes à l'effort des terres qui le pressent : il peut être renversé en tournant autour de l'arête extérieure de sa base, ou être repoussé horizontalement en glissant sur sa fondation. Comme il est rare que l'assise inférieure se lie parfaitement avec la surface qui la supporte, on supposera que leur adhérence est nulle, et on regardera également comme nul le frottement de la terre contre le parement intérieur, à l'instant où le mur prend du mouvement. Nommons, en conservant la notation précédente,

x l'épaisseur du mur au sommet;

n le rapport entre la base et la hauteur du talus du parement extérieur;

n' la même quantité pour le parement intérieur;

φ le rapport du poids du mur au frottement qu'il exercerait en glissant sur la surface de sa base;

Π la pesanteur spécifique de la maçonnerie.

Le moment de la stabilité du mur, dans le cas où il devra être renversé, aura pour expression

$$\tfrac{1}{2}h\left[x^2+(2n+n')hx+\left(\tfrac{2}{3}n^2+nn'+\tfrac{1}{3}n'^2\right)h^2\right]\Pi;$$

et dans le cas où il devra glisser sur sa base,

$$h\left[x+(n+n')\tfrac{1}{2}h\right]\varphi\Pi.$$

En égalant la premiere à celle du moment de la poussée des terres, et la seconde à la valeur de cette poussée, on trouve

$$x=h\left[-(n+\tfrac{1}{2}n')\pm\sqrt{\left(\frac{\pi t^2}{3\Pi}+\frac{n^2}{3}-\frac{n'^2}{12}\right)}\right]$$

pour le cas où le mur doit être renversé, et

$$x=\tfrac{1}{2}h\left[-(n+n')+\frac{\pi t^2}{\varphi\Pi}\right]$$

pour celui où il doit être repoussé. Les quantités n et n' étant le plus souvent très-petites, on peut, sans erreur sensible, négliger dans la premiere équation les termes situés sous le radical, qui ne contiennent que leurs secondes puissances; alors la valeur de x se réduit à

$$x=h\left[-(n+\tfrac{1}{2}n')+\left(\frac{\pi t^2}{3\Pi}\right)^{\frac{1}{2}}\right]:$$

si les deux talus du mur sont égaux, on aura

$$x=h\left[-\tfrac{3}{2}n+\left(\frac{\pi t^2}{3\Pi}\right)^{\frac{1}{2}}\right];$$

si le mur n'a qu'un talus à l'extérieur,

$$x = h\left[-n + \left(\frac{\pi t^2}{3\Pi}\right)^{\frac{1}{2}}\right];$$

et enfin, si les parements sont tous deux verticaux,

$$x = h\left(\frac{\pi t^2}{3\Pi}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

La limite des valeurs de x dans cette derniere expression est

$$x = h\left(\frac{\pi}{3\Pi}\right)^{\frac{1}{2}};$$

c'est l'épaissseur que le mur doit avoir pour soutenir la poussée d'un fluide, et celle qu'il faudra lui donner toutes les fois que le terrain qu'il s'agira de revêtir sera susceptible d'être pénétré par les eaux, de se délayer, et de prendre un talus approchant de l'angle droit.

On a eu seulement égard, dans les formules précédentes, à l'action du terrain situé derriere le mur de revêtement. Comme ce terrain peut être chargé d'un poids, tel qu'une masse de terre, un pavé, etc., il est bon de pouvoir être en état d'évaluer l'augmentation de poussée qui en résulte. En supposant le poids distribué uniformément sur la surface du terrain, et appelant G la pression sur une unité de cette surface, le poids porté par le prisme de terre qui presse contre le mur sera égal à $Gh\,\text{tang.}\,\varsigma$, et l'équation d'équilibre deviendra

$$P(\sin.\varsigma + f\cos.\varsigma) = (\tfrac{1}{2}\pi h^2\,\text{tang.}\,\varsigma + Gh\,\text{tang.}\,\varsigma)(\cos.\varsigma - f\sin.\varsigma) - \frac{h\gamma}{\cos.\varsigma};$$

on en déduira la même valeur que ci-dessus pour l'angle ς, et pour celle de P,

$$P = (\tfrac{1}{2}h + G)ht^2;$$

on aura, pour le moment de la poussée totale,

$$\tfrac{1}{2}\left(\tfrac{1}{3}\pi h + \mathrm{G}\right) h^2 t^2,$$

et pour l'expression de x, dans le cas où le mur doit être renversé,

$$x = h\left[-\left(n + \tfrac{1}{2}n'\right) \pm t\left(\frac{\pi + \frac{3\mathrm{G}}{h}}{3\Pi}\right)^{\frac{1}{2}}\right].$$

Si le mur s'élevait au-dessus du niveau du terrain, sa stabilité se trouverait augmentée, et, par conséquent, la résistance dont il est capable : il est facile d'avoir égard dans le calcul à cette circonstance.

On peut remarquer qu'un mur de revêtement aura d'autant plus de stabilité relativement à sa masse, que sa base sera plus grande, et que la distance horizontale de son centre de gravité à l'arête autour de laquelle il tournerait, sera plus considérable. Il résulte de là que la forme triangulaire est la plus convenable pour le profil de cette espece de murs. Cette forme ne peut être entièrement adoptée dans la pratique, parce que, pour résister aux causes de destruction auxquelles il est exposé, il faut que le sommet du mur ait une certaine épaisseur, qui dépend de la nature des matériaux avec lesquels il est construit; mais on voit qu'il est convenable de donner aux faces du mur, et sur-tout à la face extérieure, le plus grand talus possible.

Les dimensions qu'on pourra calculer par le moyen des formules précédentes, où on a fait abstraction de la cohésion des terres, peuvent être suivies avec confiance dans la pratique, sur-tout si on exécute les remblais derriere les murs à mesure qu'on les éleve, afin de donner aux terres le temps de tasser et d'adhérer entre elles. Mais ces formules supposent que la base sur laquelle le mur est élevé est incompressible; et comme le défaut

de soin et de précaution dans la fondation est une des causes les plus fréquentes de la destruction des murs de revêtement des terres, et que la moindre inégalité dans le tassement peut faire sortir le mur de son à-plomb, on est presque toujours obligé d'ajouter quelque chose à l'épaisseur indiquée par les formules, et d'avoir égard à la nature de la fondation et à son degré de compressibilité, pour fixer la largeur de l'empatement sur lequel le mur est établi.

On a supposé jusqu'ici que la forme de la base du mur de revêtement était un rectangle d'une longueur indéterminée, et que son épaisseur était partout la même. On ajoute beaucoup à la solidité de ces murs en construisant des contre-forts de distance en distance. L'expérience a démontré qu'à épaisseurs égales, les murs les plus longs avaient moins de résistance que les autres : des contre-forts, soit extérieurs, soit intérieurs, construits et liés avec soin avec la maçonnerie du mur, offrant des points d'appui dont la résistance est fort au-dessus de l'effort qu'ils supportent, divisent en quelque sorte le mur en parties indépendantes les unes des autres, et il n'est pas douteux que plus ces contre-forts sont rapprochés, et moins l'épaisseur du revêtement doit être considérable.

On pourrait évaluer, en faisant usage des principes dont on s'est servi jusqu'ici, l'effet produit par ces contre-forts et ce qu'ils peuvent ajouter à la stabilité du mur. Mais on suppose ordinairement, pour y parvenir, que, quelles que soient leur forme et leur disposition, ils font corps avec le mur, et que, s'il était renversé, ils tourneraient avec lui autour de son arête extérieure. Il est rare que cette hypothese puisse être admise dans la pratique : pour traiter complètement la question, il faudrait tenir compte

de l'adhérence des maçonneries, force très-variable, et dont l'évaluation numérique présente de grandes difficultés.

Quelques constructeurs ont en usage, pour augmenter la résistance des murs de revêtement, de donner à la face intérieure de ces murs un talus plus ou moins considérable, et même d'y pratiquer des retraites. Le poids de la terre portée par ces retraites ajoute à la stabilité du système, et cette observation nous a conduits à proposer, pour les murs de cette espece, un genre de construction qui nous semble avoir l'avantage de diminuer considérablement le cube de la maçonnerie ainsi que la dépense, et de présenter une plus grande solidité. Cette méthode, dont nous avons fait une expérience très en grand, consiste à laisser au parement du mur une faible épaisseur, en construisant par derriere plusieurs rangs d'arcades supportées par des contre-forts (Pl. XVI, fig. 7, 8 et 9).

Nous avons construit à Châlons-sur-Saône, en 1773, un mur de quai disposé d'après ce système. Sa longueur est de 350 metres; il a de 6 à 5 metres de hauteur, et 65 centimetres d'épaisseur au sommet. Le talus du parement extérieur est de $\frac{1}{12}$ de base sur un de hauteur. On a pratiqué trois rangs d'arcades d'un metre de saillie, placés les uns au-dessous des autres à environ 1,6 metre de distance, et portés par des contre-forts d'un metre d'épaisseur, espacés à environ 5,3 metres de milieu en milieu. Il est résulté de cette disposition une épargne de plus d'un tiers sur la maçonnerie, et d'environ un quart sur le pilotage, parce qu'il aurait fallu, pour un mur plein, mettre partout trois rangs de pilots, et qu'on a retranché sur le troisieme rang les pilots qui répondaient aux intervalles des contre-forts. On n'a remarqué

aucune disjonction dans ce mur qui a partout conservé son à-plomb, et dans lequel, jusqu'à présent, il ne s'est manifesté aucune dégradation.

NOTE

AJOUTÉE PAR L'ÉDITEUR.

Les considérations par lesquelles on parvient, dans le texte, à l'expression de la force horizontale résultant de la poussée d'une masse de terre, sont celles dont M. de Prony a fait usage. Mais comme on a, dès l'origine du calcul, et dans la vue de le simplifier, fait abstraction de la résistance produite par la cohésion, nous avons jugé convenable de rétablir ici, en peu de mots, l'analyse de M. de Prony dans toute sa généralité, afin d'en donner une idée exacte et complète.

M. de Prony, aprés avoir distingué les deux talus différents qui conviennent aux terres qui n'ont aucune cohésion et où ce talus dépend du frottement seul, et aux terres où l'action de la cohésion subsiste et où ce talus dépend de la hauteur du déblai, observe que le profil de plus grande poussée est déterminé par une courbe menée dans l'angle du talus, dont la recherche dépend de la méthode des variations; mais que cette maniere, seule rigoureuse, d'envisager le problême, conduisant à des équations trop compliquées pour être employées dans la pratique, on peut se contenter de supposer *a priori* que cette courbe est une ligne droite.

L'équation d'équilibre d'un corps soutenu sur un plan incliné

$$P = \frac{Q(\cos.\varsigma - f\sin.\varsigma) - \gamma b}{\sin.\varsigma + f\cos.\varsigma},$$

dans laquelle Q représente le poids du corps, et b la longueur de la ligne sur laquelle la cohésion a lieu, devient, en y substituant pour

Q, b et f, les valeurs qui conviennent à la question, et en introduisant par les formules de trigonométrie la tangente de $\tau - \varsigma$,

$$P = \tfrac{1}{2}\pi h^2 \text{ tang. } \varsigma \text{ tang. } (\tau - \varsigma) - \gamma h \left[\text{tang. } \varsigma + \text{tang. } (\tau - \varsigma)\right]$$

qui peut se mettre sous la forme

$$P = \left[\tfrac{1}{2}\pi h^2 + \gamma h \text{ tang. } \tau\right] \text{tang. } \varsigma \text{ tang. } (\tau - \varsigma) - \gamma h \text{ tang. } \tau;$$

elle donne immédiatement, dans le cas du maximum de la valeur de P,

$$\varsigma = \tfrac{1}{2}\tau,$$

valeur indépendante de la cohésion, et qui indique que le prisme de plus grande poussée est le même pour la même terre, soit qu'elle ait été ou non nouvellement remuée.

Cette valeur de ς substituée dans celle de P, donne

$$P = h \text{ tang. } \tfrac{1}{2}\tau \left(\tfrac{1}{2}\pi h \text{ tang. } - \tfrac{1}{2}\tau - 2\gamma\right),$$

et cette expression fournit un moyen de déterminer la valeur de la constante γ. En effet, les différentes especes de terre se soutiennent d'elles-mêmes quand elles sont taillées à pic sur une hauteur plus ou moins considérable, qui dépend uniquement de leur force de cohésion, et que nous nommerons h_1. En substituant h_1 à la place de h dans l'équation précédente, on aura $P = 0$; on en déduira par conséquent

$$\gamma = \tfrac{1}{4}\pi t h_1,$$

expression dans laquelle il n'entre que des quantités qu'on peut évaluer par expérience, et la valeur de P deviendra

$$P = \tfrac{1}{2}\pi h t^2 (h - h_1).$$

Il est facile de voir que la valeur du moment de cette force sera

$$\tfrac{1}{6}\pi t^2 (h - h_1)^2 (h + \tfrac{1}{2}h_1),$$

et qu'on aura, pour la distance de son point d'application au pied du déblai

$$\frac{(h - h_1)(h + \frac{1}{2}h_1)}{3h},$$

équations qui se réduisent à celles qu'on a vues dans le texte, quand on y fait $h_1 = 0$.

Si dans l'équation

$$P = \tfrac{1}{2}\pi h^2 \text{ tang. } \varsigma \text{ tang. } (\tau - \varsigma) - \gamma h [\text{ tang. } \varsigma + \text{tang. } (\tau - \varsigma)],$$

ou dans la suivante, on supposait $P = 0$, la valeur qu'on en déduirait pour l'angle ς donnerait l'inclinaison du talus naturel des terres : cette valeur serait, en faisant $\frac{h_1}{h} = m$ et introduisant l'expression de γ,

$$\text{tang. } \varsigma = t\left(\frac{1 \pm \sqrt{[(1-m)(1+mt^2)]}}{1-(1-m)t^2}\right).$$

On voit que, si la cohésion est nulle, ce qui donne $m = 0$, on a $\varsigma = \tau$, comme cela doit être effectivement; et que, si la cohésion est très-grande, et que $h_1 = h$ ou $m = 1$, on a $\varsigma = \frac{1}{2}\tau$; l'angle ς est donc toujours compris entre τ et $\frac{1}{2}\tau$: il dépend uniquement de l'angle τ quand la cohésion est nulle, et, dans le cas contraire, il dépend aussi de h et de h_1. Lorsque $h = h_1$, et que $\varsigma = \frac{1}{2}\tau$, la valeur de la force P est alors la plus grande possible, et, comme elle a été supposée nulle, il s'ensuit que la poussée de la terre est alors zéro, tant sous l'angle $\frac{1}{2}\tau$ que sous tous les autres. Dans le cas de la fluidité, on a en même temps $m = 0$, et $t = 1$, d'où l'on déduit tang. $\varsigma = \frac{2}{0} = \infty$. Ainsi l'angle ς est alors droit, comme cela doit être effectivement.

Nous ne nous arrêterons pas à exposer dans tous ses détails l'application que M. de Prony fait des formules précédentes à l'évaluation de l'épaisseur des murs. Il suit la marche qui a été indiquée ci-dessus, et il obtient des expressions plus générales, dans lesquelles il suffit de faire $h_1 = 0$ pour retrouver celles qu'on a données dans le texte. Il fournit ensuite aux ouvriers qui n'ont pas toujours l'habitude d'employer le calcul, mais qui savent ordinairement se servir de la regle et du compas, une méthode aussi simple que commode de déterminer, dans tous les cas, l'épaisseur des murs de revêtement. Cette méthode consiste dans l'emploi d'une formule graphique, disposée d'une maniere très-ingénieuse, pour représenter la valeur de l'épaisseur du mur dé-

duite des formules analytiques, et au moyen de laquelle la détermination de cette épaisseur s'opere par le tracé d'un petit nombre de lignes.

On peut voir, par cette analyse des premiers paragraphes de l'ouvrage de M. de Prony, combien l'idée que M. Mayniel, sous-directeur des fortifications, en a donnée dans l'ouvrage qu'il a publié en 1808 sur la poussée des terres est inexacte, et combien les observations qu'il a faites sur cet ouvrage sont mal fondées.

On lit dans le traité de M. Mayniel, page 125 et 126 « que Coulomb ayant observé que les terres végétales abandonnées à elles-mêmes prenaient un talus de 50 degrés, et que, dans ce cas, d'après la théorie du plan incliné, le frottement était égal à la pression, M. de Prony, *d'après cette idée*, a introduit dans l'équation d'équilibre, au lieu de f, rapport du frottement à la pression, l'expression $\frac{1}{\text{tang.}\,\tau}$ . . . . que cette détermination de f, d'après la théorie du plan incliné, quoique très-ingénieuse, laisse des doutes sur sa valeur, que l'expérience seule peut faire disparaître, car on sait que lorsque les pressions deviennent considérables, et qu'elles varient, le rapport du frottement à la pression varie aussi; qu'il faut prendre le rapport du frottement à la pression sur le plan incliné formé par l'éboulement; au lieu que $\frac{1}{\text{tang.}\,\tau} = f$ suppose que dans les terres, de quelque nature qu'elles soient, le rapport du frottement à la pression est constant et commun, quelle que soit l'inclinaison du talus sur lequel il a lieu. Car le rapport du frottement à la pression, exprimé par $f = \frac{1}{\text{tang.}\,\tau}$ désigne le rapport du frottement à la pression, pris sur le plan d'inclinaison du talus naturel des terres, tandis que, dans l'équation d'équilibre, la pression est prise sur le plan du talus formé par l'éboulement du prisme de plus grande poussée. Ainsi, pour lever toute espece de doute, il faut déterminer le frottement sur le plan sur lequel il a lieu; etc. »

Les personnes qui ne connaîtraient point le travail de M. de Prony pourraient croire, d'après cela, qu'il n'a considéré le problème de la

poussée des terres que dans l'hypothese restreinte du talus de 50 grades, tandis qu'on vient de voir qu'il avait au contraire donné à son analyse toute la généralité dont la question est susceptible. Il est d'ailleurs facile de répondre aux objections de M. Mayniel. Ce n'est pas d'après l'idée de Coulomb que M. de Prony a substitué au rapport du frottement à la pression la cotangente de l'angle du talus sur lequel les terres se soutiennent en équilibre à l'aide du seul frottement, et cette transformation de la constante f est simplement un résultat des premiers principes de la mécanique, depuis long-temps familier à tous les physiciens. Il ne reste point, sur la valeur de f, *de doutes que l'expérience seule puisse faire disparaître*, puisque la valeur de f est donnée par l'expérience même, et par la simple observation de l'angle d'inclinaison du plan du talus des terres nouvellement remuées; et cette valeur ainsi déterminée, pour une certaine espece de terre, doit être employée quel que soit le prisme dont on évalue la poussée.

Il est indifférent par soi-même d'exprimer d'une maniere ou d'une autre le rapport du frottement à la pression dans l'équation d'équilibre, et M. de Prony, en écrivant $\frac{1}{\text{tang.}\tau}$ à la place de f, n'a eu d'autre but que de donner à cette équation sa forme la plus simple, et celle qui était propre à le conduire au résultat $\varsigma = \frac{1}{2}\tau$. M. Mayniel pense, page 126, « que ce résultat, très-simple sous la forme analytique, n'offre point la même simplicité dans l'application, parce qu'il faut avoir recours aux tables de logarithmes » : il paraît, par ce passage, que M. Mayniel ne partage point l'opinion générale des savants et des ingénieurs instruits, qui pensent que la disposition des formules est d'autant plus parfaite, qu'elles sont plus susceptibles d'être calculées par le moyen des logarithmes; et, si on jette un coup-d'œil, dans son ouvrage, sur les valeurs de Q, de tang. ς et de x, page 115 et suivantes, on se convaincra qu'il s'est peu occupé de donner à ses formules de l'élégance et de la simplicité, et d'en rendre le calcul facile.

M. Gauthey n'ayant pas jugé à propos, à raison des progrès que MM. Coulomb et de Prony ont fait faire à la théorie de la poussée des

terres, de revenir sur celle qu'il avait autrefois donnée, nous ne ferons aucune observation sur la maniere dont M. Mayniel l'expose et la réfute. Nous ajouterons seulement qu'il paraît attacher beaucoup d'importance à ce qu'il nomme sa *théorie générale* (page 112), qui n'est autre chose que la théorie de Coulomb, dans laquelle il admet, pour faire équilibre à la poussée des terres, une force dont la direction est arbitraire. Les personnes qui examineront avec attention les idées que M. Mayniel paraît s'être faites sur cette matiere, reconnaîtront bientôt qu'elles ne sont point d'accord avec les vrais principes de la physique et de la mécanique. La poussée des terres, quant à ses effets, doit essentiellement être considérée comme une force horizontale, quelles que soient d'ailleurs la forme et l'inclinaison du mur dont ces terres sont revêtues; et il n'y a point de théorie plus générale et plus commode pour l'application que celle qui a été donnée par M. de Prony.

CHAPITRE VII.

DES PARTIES ACCESSOIRES DANS LES PONTS.

De l'appareil des voûtes.

Les voûtes des ponts sont ordinairement construites en pierres de taille; mais, quand leur diametre n'est pas très-considérable, on y peut employer aussi des pierres de bas appareil et même des briques, qui sont presque aussi solides et beaucoup moins dispendieuses, en élevant seulement en pierres de taille les têtes et quelques chaînes placées d'espace en espace; et on ajoute beaucoup à la solidité d'une voûte de ce genre, si on relie les chaînes verticales par d'autres chaînes horizontales dont toutes les pierres soient unies par des crampons (Pl. XV, fig. 10). L'intrados se trouve alors naturellement partagé en caissons.

Quels que soient les matériaux dont les voûtes sont composées, leur appareil est très-simple quand la génératrice de la douelle est perpendiculaire au plan des têtes. On pose les voussoirs à joints recouverts, et cette disposition, qui est la plus généralement adoptée, est aussi la plus convenable; on trouve cependant d'anciens ponts où elle n'a pas été suivie, et on peut le remarquer à la figure 9 de la planche XV, qui représente la coupe du pont du Saint-Esprit : sur quatre assises, il y en a trois composées de quatre pierres, et une seule composée de trois pierres, qui sert à maintenir et à relier les autres.

Quand la génératrice de la douelle n'est point perpendiculaire

aux têtes, et que l'angle du biais n'est pas grand, la voûte se construit comme à l'ordinaire, et les joints de douelle sont formés par des arêtes de la surface cylindrique de cette voûte. Mais quand cet angle passe 25 à 30 grades, cette disposition n'est plus admissible, parce qu'une partie des voussoirs pousserait alors au vide, à moins que les pierres dont ils seraient formés n'eussent une très-grande longueur. On a imaginé différents moyens pour construire dans ces cas les voûtes biaises ; nous allons indiquer succinctement celui dont nous avons toujours fait usage, en prenant pour exemple une voûte en plein cintre dans laquelle l'angle du biais est de 50 grades.

La figure 2 planche XVI, représente la projection horizontale d'une des moitiés de la voûte, la figure 1 la projection verticale de l'arc droit, et la figure 3 celle de la voûte. La partie intermédiaire entre les deux têtes est une voûte cylindrique ordinaire composée de voussoirs dont les plans de joint sont normaux à sa surface. Mais pour exécuter les têtes on partage la courbe $A^1 A^2 A^3$..., qui n'est autre chose que l'interjection de la surface cylindrique de la voûte par le plan vertical dont $a^1 a^2 a^3$... est la trace, en un nombre de parties tel que chacune d'elles soit à-peu-près égale aux parties $C^1 C^2, C^2 C^3, C^3 C^4$,..... de l'arc droit. Par chacun des points de division A^2, A^3, A^4,.... on conçoit des plans normaux à la courbe $A^1 A^2 A^3$..., et les voussoirs qu'ils comprennent entre eux sont prolongés jusqu'à la rencontre des voussoirs de la partie du milieu de la voûte.

Les lignes $B^2 A^2 E^2, B^3 A^3 E^3$, etc., perpendiculaires à la courbe des têtes, sont les traces des plans de joint sur le plan vertical où elle est projettée, et, par conséquent, les projections des joints de douelle sur le même plan. On aura facilement les

projections horizontales de ces mêmes joints : il suffit, pour y parvenir, de construire les intersections de la surface cylindrique par une suite de plans verticaux paralleles dont $g^1 g^2, h^1 h^2, \ldots$ sont les traces, ce qui donnera, sur le plan vertical, une suite de courbes $G^1 G^2 G^3 \ldots$, $H^1 H^2 H^3 \ldots$, etc., égales à la courbe de tête; et, en construisant les projections horizontales des points $G^2, G^3, G^4; \ldots; H^2, H^3, H^4, \ldots$; etc., on obtiendra celles des joints de douelle $a^2 e^2, a^3 e^3, a^4 e^4$, etc.

La courbe $q^1 q^2 q^3 \ldots$ représente la projection sur le plan de tête de l'intersection de la voûte par le plan vertical $c^1 c^1 c^2 \ldots$, dans lequel est tracé l'arc droit, et les lignes $q^2 F^5, q^3 F^6, q^4 F^7, \ldots$ les projections des joints de douelles des voussoirs distribués sur cet arc. Les lignes $c^2 f^5, c^3 f^6, c^4 f^7 \ldots$ représentent leurs projections horizontales. Il sera facile de voir où ces lignes rencontrent les projections des joints de douelle des voussoirs des têtes, et où ils doivent être terminés. On aura soin d'abattre l'angle aigu qu'ils donneraient à leur extrémité, par le moyen d'un plan normal à l'axe de la voûte, donc les lignes $e^6 f^5, e^7 f^6, e^8 f^7 \ldots$. représentent les traces sur le plan horizontal.

Les lignes $b^4 m, b^5 n, b^6 o, b^7 z^4 \ldots$. représentent les projections horizontales des intersections des plans de joint avec le plan horizontal dont $B^4 B^5 B^6 \ldots$ est la trace, et qui termine la partie supérieure de la voûte. Il sera facile, au moyen de ces lignes, de construire le développement des plans de joint. Il suffit, pour cela, de rapporter sur une ligne $B^6 B^6 \ldots$. (fig. 5), les points d'intersection de la ligne $b^6 o$ (fig. 2), par les traces des plans verticaux $g^1 g^2, h^1 h^2, i^1 i^2, \ldots$ et de mener à chaque point des perpendiculaires égales aux distances correspondantes $B^6 H^6, B^6 G^6, B^6 H^4, \ldots$ de la fig. 3; la courbe qui passera par les extré-

mités de toutes les perpendiculaires, donnera le joint de douelle. Les fig. 4, 5, 6, représentent les panneaux de joint de tous les voussoirs.

Nous ne nous arrêterons pas à détailler la maniere d'appliquer sur la pierre le trait de cette épure. Nous observerons seulement qu'après avoir exécuté le plan de tête et les deux plans de joint du voussoir et tracé sur ces plans les joints de douelle, il sera facile d'exécuter la douelle elle-même en rapportant sur les joints de douelle leurs points d'intersection avec des lignes paralleles à l'axe de la voûte, dont a^5h^5, a^6h^6, a^7h^7... sont les projections horizontales. Ces lignes ne sont autre chose que des arrêtes de la surface cylindrique de la douelle, et en les faisant mouvoir parallelement à elles-mêmes le long des deux joints de douelle, cette surface se trouvera exécutée.

On peut remarquer que les premiers voussoirs du côté de l'angle aigu du plan forment dans la douelle une espece de trompe, en venant se terminer sur le même voussoir de la partie droite. L'inverse a lieu du côté de l'angle obtus, où quelquefois plusieurs voussoirs de la partie droite viennent rencontrer un seul voussoir des têtes. Ces irrégularités disparaissent dans les voûtes biaises en arc, où les voussoirs des têtes peuvent avoir des longueurs de douelle à-peu-près égales. Les figures 10 et 11 représentent l'épure de l'une de ces voûtes, sur laquelle nous n'entrerons dans aucun détail, parce qu'il sera facile de la suivre, après ce qu'on a dit de la premiere.

Il arrive quelquefois, quand on construit des ponts dans l'intérieur des villes, qu'on ne peut pas disposer de tout l'espace qui serait nécessaire pour leur procurer des abords commodes. On remédie à cet inconvénient, comme on l'a vu dans le chapitre

précédent, en construisant des pans coupés supportés par des trompes ou par le prolongement de la premiere arche. Il peut se faire alors qu'on soit obligé de donner aux têtes de cette arche une forme cylindrique. L'épure peut se construire alors sur des principes analogues à ceux qu'on a exposés pour la voûte biaise, en ayant toujours soin de donner aux plans de joints près des têtes une direction normale à la courbe de tête. On ne peut entrer ici sur cet objet dans des détails qui appartiennent plutôt à la coupe des pierres qu'à l'art de construire les ponts, et c'est par la même raison que nous ne faisons pas ici de mention particuliere des ponts composés de voûtes qui se pénetrent, dont on a vu quelques exemples dans le premier livre.

De l'appareil des têtes.

Les ponts antiques offrent, pour l'appareil des têtes, des dispositions très-variées, et qui ne sont pas toujours régulieres. Les constructeurs modernes paraissent attacher à cet objet plus d'importance qu'il n'en avait autrefois.

Les ponts construits dans le moyen âge, dont presque toujours les voûtes seules étaient en pierres de taille, offrent un appareil extrêmement simple (Pl. XV, fig. 1). Les voussoirs, tous d'égale longueur, sont terminés parallelement à l'intrados et les reins offrent ordinairement des assises de moellon, ou de moellon piqué.

Lorsqu'on a construit le parement des têtes entièrement en pierres de taille, on s'est aperçu que l'angle aigu par lequel les assises supérieures étaient terminées pouvait avoir des inconvénients, quoique les pierres de ces assises fussent en général d'une épaisseur moins forte que les voussoirs, et on a coupé cet angle en prolongeant jusqu'au cordon (fig. 2) les voussoirs voi-

sins du sommet de la voûte. Cette disposition a été adoptée dans quelques-uns des ponts de Paris.

Une des principales conditions auxquelles on s'assujétisse ordinairement dans l'appareil des têtes d'un pont, est de raccorder les assises horizontales des avant-becs et les assises inclinées des voussoirs à la rencontre de la ligne d'intersection de l'avant-bec avec le plan des têtes. Mais on peut voir (fig. 3) que quand la hauteur des avant-becs est considérable, il est impossible de remplir cette condition à la rigueur, puisqu'il faudrait alors que les assises des voussoirs ou celles de l'avant-bec allassent en diminuant d'épaisseur. On est obligé, à quelque distance des naissances, de renoncer à former des liaisons entre les deux parements, et de faire sur leur ligne d'intersection des joints verticaux.

Dans l'arche en anse de panier représentée fig. 4, les liaisons entre les parements des têtes et de l'avant-bec ont été continuées jusqu'au couronnement de cet avant-bec, ce qui a obligé dans cet endroit à donner aux voussoirs des épaisseurs inégales. Ces voussoirs sont égaux dans le reste de la voûte, et on a prolongé les assises horizontales jusqu'à la rencontre des joints inclinés. Cette derniere disposition qui a été employée pour la premiere fois au pont des Tuileries de Paris, a depuis été adoptée dans un très-grand nombre de ponts. Elle a l'inconvénient d'obliger à donner vers le milieu des reins une grande longueur aux voussoirs, qui vont ensuite en diminuant à mesure qu'ils s'approchent des naissances et du sommet.

On a cherché, dans les grandes arches en anse de panier qui ont été construites vers la fin du dernier siecle, à remédier à ce défaut, et on y est parvenu en terminant plusieurs voussoirs à la rencontre d'une même assise (fig. 7). Alors les longueurs de ces

voussoirs sont peu différentes les unes des autres, et on peut, si on le croit nécessaire, les faire augmenter à-peu-près uniformément depuis le sommet jusqu'aux naissances.

Lorsque les arches sont décrites par un arc de cercle très-surbaissé, et que la voûte n'a pas une très-grande ouverture, on prolonge tous les voussoirs (fig. 6) jusqu'à la rencontre du cordon. Cet arrangement qui a même été suivi dans des arches (fig. 5) dont la courbe approchait d'un demi-cercle, oblige d'employer, pour l'extrémité supérieure des voussoirs, des pierres d'une grande épaisseur, que les carrieres ne fournissent pas toujours.

Les têtes des ponts sont presque toujours couronnées d'un cordon ou d'une corniche qui est elle-même surmontée par le parapet. On n'entrera ici dans aucun détail sur les différentes corniches qu'on a employées dans les ponts, ni sur les diverses manieres dont ils ont été décorés : les gravures suffisent pour en donner une idée, et cet objet n'entre pas directement dans le plan de cet ouvrage. Nous observerons seulement qu'un pont étant, en général, un édifice essentiellement consacré à l'utilité publique, la solidité et la simplicité doivent en être le caractere, et que dans presque tous les cas le soin dans l'exécution est la seule décoration qu'il exige.

Des voussures ou cornes de vache.

On a vu précédemment que les naissances des voûtes qui ne sont pas très-surbaissées étant frappées directement par le fluide, lui opposent beaucoup de résistance, et sont une des principales causes de la contraction qu'il éprouve et des affouillements qui en résultent. Elles sont également fort dangereuses au moment

des débacles, parce que les glaces s'y ammoncelent, et réduisent encore la surface du débouché. Tous ces inconvénients disparaissent quand la courbe de la voûte a peu de fleche, mais comme les arches ont alors d'autres défauts, on a cherché à réunir tous les avantages dont elles sont susceptibles en terminant les têtes du pont suivant un arc fort surbaissé, qu'on raccorde avec la surface de la voûte par des voussures. Cette disposition a été adoptée au pont de Neuilly (Pl. XV, fig. 7 et 8), où la surface des voussures est décrite par une ligne droite qui se meut dans un plan normal à la surface cylindrique de la voûte, en touchant sans cesse l'arc des têtes et une ligne donnée sur cette surface.

La courbe des têtes peut être parallele à celle de la voûte, et la surface de la voussure est alors une surface conique ; cette derniere disposition est sur-tout adoptée quand on élargit un ancien pont en faisant porter les prolongements des voûtes sur des avant-becs à base triangulaire. L'élargissement des ponts, pratiqué de cette maniere, est une des principales occasions où l'on emploie les cornes de vache, et il y a beaucoup de cas où il est beaucoup plus sûr et plus économique, pour donner au public un passage commode, de profiter ainsi des fondations et du noyau d'un vieux pont, que d'en construire un nouveau dans un autre emplacement.

Des œils de pont.

Dans les ponts dont les arches sont décrites par une anse de panier, et sur-tout par un plein cintre, la largeur du débouché diminue à mesure que l'eau s'éleve, et ce fluide éprouve une contraction d'autant plus forte, que sa profondeur est plus considérable, tandis qu'il serait à desirer que le contraire pût arriver. On a

cherché a remédier à ce défaut en ouvrant, au-dessus des piles, les passages qu'on nomme œils de pont.

Les œils de pont ont encore d'autres avantages; ils diminuent le poids dont les bases des piles sont chargées, quelquefois même celui qui est supporté par les voûtes, et il y a des cas où cet objet devient très-important. On leur a donné différentes formes, ainsi qu'on a pu le voir dans le livre premier. La plus usitée chez les anciens était celle d'une porte surmontée d'une voûte en plein cintre : c'est aussi celle qu'on a adoptée au pont du Saint-Esprit (Pl. 15, fig. 1).

Des moyens de garantir les voûtes des filtrations des eaux pluviales.

Quelle que soit la disposition qu'on ait adoptée pour l'appareil des têtes, les voussoirs, dans le corps de la voûte, ont tous des longueurs à-peu-près égales. Les reins sont remplis en maçonnerie de moëllons ou de briques, et il est convenable d'incliner en sens opposé la surface supérieure de cette maçonnerie depuis le milieu de chaque voûte, d'une part, et depuis le milieu de chaque pile, de l'autre. La rencontre des deux plans inclinés forme une sorte de gouttiere où les eaux qui ont pénétré au travers du pavé se rassemblent, et aux extrémités de laquelle on place des gargouilles, c'est-à-dire des ouvertures pratiquées au travers d'un voussoir, par lesquelles les eaux s'échappent sans endommager la maçonnerie. La surface de l'extrados de la voûte est couverte d'une chappe qui doit être disposée de maniere à ce que ces eaux se rendent de toutes parts aux gargouilles, en coulant à travers de gros gravier ou de la pierre cassée, sur laquelle on établit la chaussée qui forme le passage des voitures. Les

ponts sont presque toujours pavés et, quand le pavé a de la pente, les précautions qu'on vient d'indiquer suffisent, parce que la plus grande partie des eaux pluviales s'écoule par les ruisseaux. Mais quand la surface des ponts est horizontale, on est encore obligé de pratiquer, d'espace en espace, d'autres gargouilles dont l'entrée est au niveau du pavé, et qu'on place ordinairement contre les trottoirs (Pl. XVI, fig. 12). On dispose les ruisseaux, auxquels on ne peut donner alors qu'une faible pente dirigée alternativement d'un côté et de l'autre, de maniere à amener les eaux aux gargouilles. Mais l'entrée de ces gargouilles est facilement obstruée, et l'écoulement ne se fait jamais bien.

Des parapets et des trottoirs.

Les ponts et les murs de quai sont toujours couronnés par des parapets; leur hauteur, au-dessus du pavé, est d'environ un metre, et leur épaisseur de 50 à 80 centimetres. Ils sont ordinairement construits en pierre de taille. Les parapets des ponts de Londres ont beaucoup plus de hauteur que nous n'avons coutume de leur en donner; cette hauteur va jusqu'à 2 metres environ. Ils sont faits avec des balustres qui laissent un libre passage à la vue. On a également employé des balustres aux parapets du pont de la Concorde, à Paris, mais ils sont moins élevés. On a quelquefois substitué aux parapets de pierre des balustrades en fer.

L'assise supérieure des parapets construits en pierres de taille est ordinairement arrondie par le dessus, en forme de bahut. On la compose, autant qu'il est possible, de longues pierres, et quelquefois on assemble ces pierres à leurs extrémités par des parties saillantes et rentrantes qui s'adaptent les unes dans les autres.

Dans les villes un peu considérables, le milieu du pont seulement sert au passage des voitures, et on construit, de chaque côté, des trottoirs réservés pour les gens de pied, et auxquels on donne plus ou moins de largeur, suivant que le passage doit être plus ou moins fréquenté. Cette largeur ne peut gueres être au-dessous de 1,5 metre. Le niveau des trottoirs est toujours un peu élevé au-dessus de celui de la chaussée; et dans les ponts où cette chaussée a beaucoup de pente, on en donne ordinairement une moins considérable au parapet et aux trottoirs, ce qui oblige à placer des marches à chaque extrémité. On peut voir, dans les figures 18, 20 et 21, Pl. XIV, les diverses manieres dont ces marches sont disposées.

La fig. 8, Pl. XV, et sur-tout la fig. 12, Pl. XVI, qui représente la coupe de la voûte d'un pont, font voir la maniere dont les trottoirs sont construits. Le pavé dont ils sont couverts est ordinairement d'un plus petit échantillon que celui qu'on emploie pour la chaussée, et ce pavé est maintenu par des pierres de taille posées sur champ, et auxquelles on a reconnu qu'il était convenable de ne pas donner dans le dessus plus de 15 à 20 centimetres d'épaisseur. Ces pierres sont elles-mêmes garanties quelquefois du choc des voitures par de petites bornes.

FIN DU SECOND LIVRE ET DU PREMIER VOLUME.

TABLE

DES MATIERES CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

ÉLOGE historique de M. Gauthey ..... page xj
INTRODUCTION 1
Tableau des rapports des principales mesures de l'Europe avec les mesures adoptées en France 6

LIVRE PREMIER.

Description historique des principaux ponts en pierre bâtis par les anciens et les modernes 9
CHAPITRE PREMIER. Des ponts étrangers 13
SECTION PREMIERE. Anciens ponts d'Italie ..... *idem.*
SECTION II. Ponts modernes d'Italie 22
SECTION III. Ponts d'Angleterre 27
SECTION IV. Ponts d'Allemagne 31
SECTION V. Ponts d'Espagne et de Portugal 35
SECTION VI. Ponts de la Perse et de la Chine 37
CHAPITRE II. Des ponts de France 43
SECTION PREMIERE. Des ponts bâtis en France jusqu'à la fin du quinzieme siecle 50
SECTION II. Des ponts construits dans les seizieme et dix-septieme siecles 63
SECTION III. Des ponts construits dans le dix-huitieme siecle 74
SECTION IV. Des ponts en construction en France 108
Table des ponts anciens et modernes dont la description se trouve dans le premier livre 111
ÉTAT général des ponts construits en France, dont le débouché a plus de 20 metres de longueur 117
Bassin de l'Adour 121
Bassin de la Garonne 122

Côtes de la Garonne à la Loire ..... page 128
Bassin de la Loire 130
Côtes de la Loire à la Seine 138
Bassin de la Seine 140
Côtes de la Seine à l'Escaut 147
Bassin de l'Escaut ..... *id.*
Bassin de la Meuse 148
Bassin du Rhin 151
Bassin du Pô 156
Côtes du Pô au Rhône 157
Bassin du Rhône 158
Côtes du Rhône à l'Adour 167

LIVRE SECOND.

Des principes généraux de l'établissement des ponts, et de la maniere de fixer les dimensions de leurs parties 173
CHAPITRE PREMIER. De l'établissement des ponts 179
SECTION PREMIERE. De l'emplacement des ponts ..... *id.*
SECTION II. Du débouché qu'on doit donner aux rivieres 181
De la maniere d'évaluer la quantité d'eau à laquelle le pont doit donner passage 182
De la maniere de fixer le débouché relativement à la masse des eaux du fleuve 188
SECTION III. De la forme des arches 199
SECTION IV. De la grandeur des arches 202
SECTION V. De la largeur des ponts 204
NOTE PREMIERE sur quelques méthodes d'interpolation 205
NOTE II. Sur la maniere de parvenir à l'équation qui établit une relation entre la pente, la section et la vîtesse d'un courant d'eau. 224
NOTE III. Sur la valeur du coëfficient *m* dans le calcul du débouché des ponts 242
CHAPITRE II. De la description des arches des ponts 245
SECTION PREMIERE. Des arches en plein cintre ..... *id.*
SECTION II. Des arches en anse de panier ..... *id.*

Des anses de panier décrites avec trois arcs de cercle..... page 247
Des anses de panier décrites avec plus de trois arcs de cercle.... 249
Des anses de panier qui ne sont point décrites avec des arcs de cercle..... 253
Section III. Des arches en arc de cercle..... 254
CHAPITRE III. De l'épaisseur qu'on doit donner aux voûtes... 257
Note sur la maniere d'évaluer la résistance de la pierre..... 267
CHAPITRE IV. De l'épaisseur qu'on doit donner aux culées des ponts..... 299
Section premiere. Théorie des voûtes et observations sur lesquelles elle est fondée..... 307
Section II. Application de la théorie à la détermination de l'épaisseur des culées..... 321
Note premiere sur la maniere de calculer l'épaisseur des culées et la position des points de rupture dans les voûtes..... 332
Note II. Sur la force d'adhérence des mortiers de chaux et ciment, et sur le rapport de cette force à la pression pour des pierres qui glissent les unes sur les autres..... 339
CHAPITRE V. De l'épaisseur et de la forme des piles..... 345
Section premiere. De l'épaisseur des piles..... *id.*
Section II. De la forme des piles..... 349
CHAPITRE VI. Des abords des ponts..... 367
Section premiere. Des différentes manieres de disposer les abords d'un pont..... *id.*
Section II. Des murs de revêtement des terres..... 371
Note ajoutée par l'éditeur..... 382
CHAPITRE VII. Des parties accessoires dans les ponts..... 389
De l'appareil des voûtes..... *id.*
De l'appareil des têtes..... 393
Des voussures ou cornes de vache..... 395
Des œils de pont..... 396
Des moyens de garantir les voûtes de la filtration des eaux pluviales. 397
Des parapets et des trottoirs..... 398

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page 23, *ligne* 10, l'épaisseur des voûtes et la clef, *lisez* l'épaisseur des voûtes à la clef.

28, 4, (Pl. II, fig. 17), *lisez* (Pl. II, fig. 27).

29, 24, cinq arches de 13 à 18,8 metres, *lisez* cinq arches de 12 à 18,8 metres.

49, 5, le pont Fouchards bâti par M. de Limay, *lisez* le pont Fouchards projeté par M. de Voglie, et bâti par M. de Limay.

63, 5, (Pl. VI, fig. 104), *lisez* (Pl. VI, fig. 105).

64, 17, (Pl. VIII, fig. 154), *lisez* (Pl. VIII, fig. 152, 153).

65, 4, (Pl. VI, fig. 98), *lisez* (Pl. VI, fig. 98, 99).

67, 18, l'effet et les détails, *lisez* l'effet général et les détails.

69, 5, la partie antique, *lisez* la partie moderne.

91, 19, pont de Ponthieu, *lisez* pont de Pontlieu.

idem, 21, le surbaissement est moindre que le quart, *lisez* le surbaissement est entre le tiers et le quart.

95, 17, sur les projets de M. [illegible] projets de M. de Voglie par M. de Limay.

115, 12, pont de Ponthieu, *lisez* pont de Pontlieu.

A partir de la page 120 *jusqu'à la page* 149, *il se trouve une erreur dans les numéros des pages; chacun de ces numéros doit être augmenté du nombre* 36.

195, 19, ou des inondations qu'il peut causer, il ne soit très-essentiel en général de le rendre aussi peu considérable qu'il est possible, *lisez* ou des inondations qu'il pourrait causer si le courant était obligé de prendre une vîtesse excessive, il ne soit très-essentiel en général de rendre ce remous aussi peu considérable qu'il est possible.

249, 24, diametre AD, *lisez* diametre CD.

300, 21, Si l'on a $\alpha = \alpha' = \alpha'' =$ etc., *lisez* Si l'on a $\alpha' - \alpha = \alpha'' - \alpha' =$ etc.

311, 21, et par lesquelles, *lisez* et par le moyen desquels.

idem, 25, autour des points K, D, E, *d* et K, *lisez* autour des points K, D, E, *d* et *k*.

316, 20, E*d*, *d*K, *lisez* E*d*, *dk*.

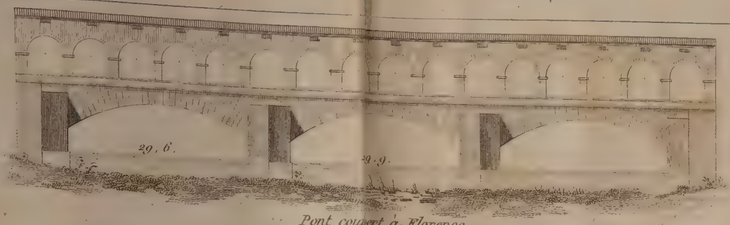
378, 24, $P = (\frac{1}{2}h + G)\,ht^2$, *lisez* $P = (\frac{1}{2}\pi h + G)\,ht^2$;

T.I.

F.I.

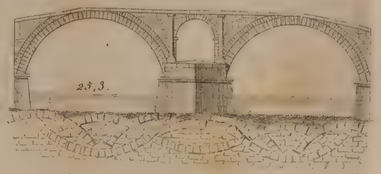
Construction des Ponts.

Pl.1.



Pont couvert à Florence.

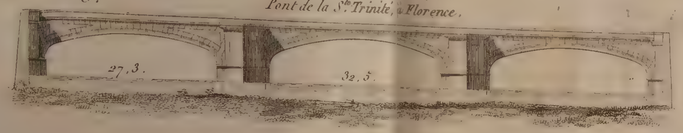
2. Pont Fabricius à Rome



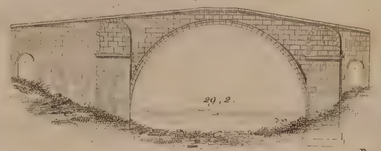
3. Pont Sextius à Rome

4. Pont S.t Ange.

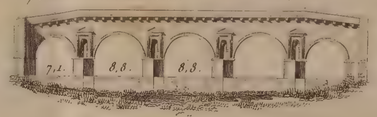
5. Pont de la S.te Trinité, à Florence.



6. Pont de Capo-dorso, en Sicile.



7. Pont de Rimini.



8. Pont des Sénateurs.

9 bis

4 bis

9. Pont Berguette.

10. Pont sur la Marachia.

11. Pont sur le Bachiglione, près Vicence.

12 Pont Salaro.

13. Pont Mammea.

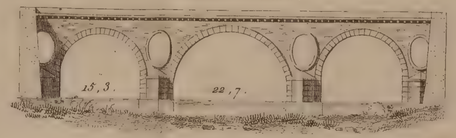
14. Pont Felice.

15. Pont Pilantio, sur le Teverone.

16 Pont Antique de Vicence.

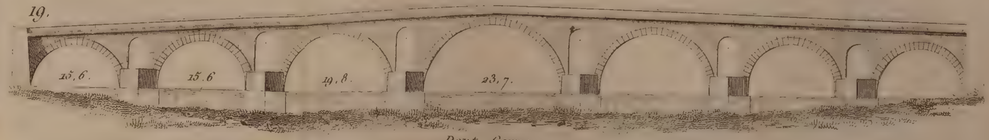
17. Pont de Marbre de Florence.

18. Pont sur la Cremera.



Pont Emilius.

19.



20. Pont de Veronne

21. Pont Janicule,

24 bis

Pont Corvo.

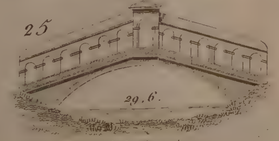
22.

23.

Pont de Vicence.

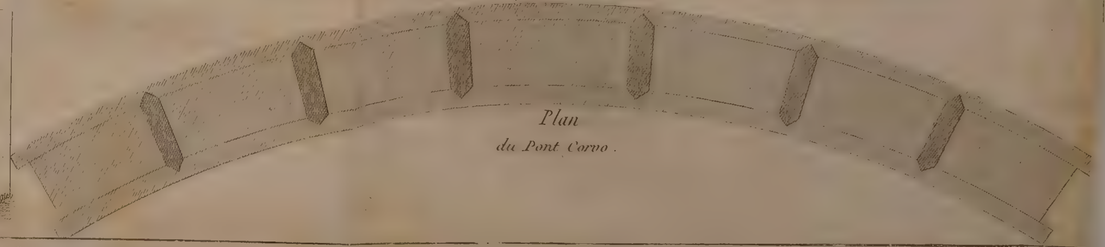
24. Pont de Pavie, sur le Tesin.

25



Pont de Rialto à Venise

Plan
du Pont Corvo.

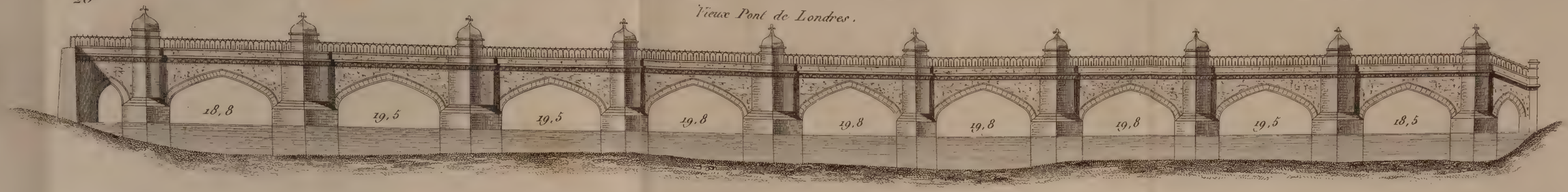


10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Mètres.

Adam Sculp.

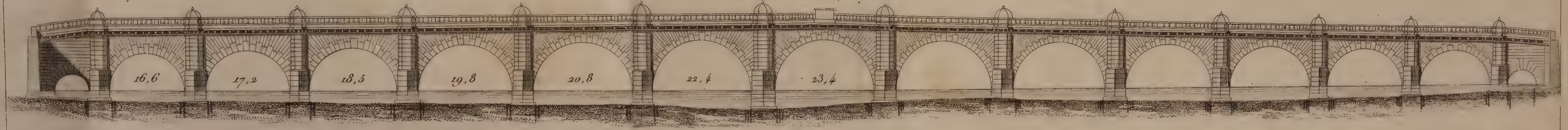
26

Vieux Pont de Londres.



27

Pont de Wesminster.



Pont de Blackfriars.

28

29

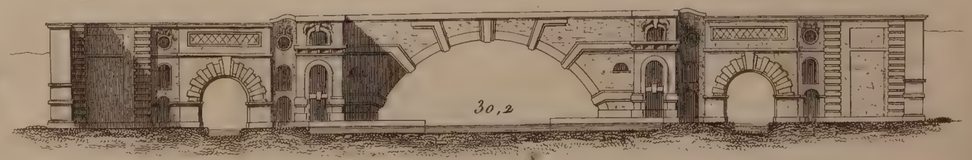
Pont d'Essex à Dublin sur la Riviere de Liffy.

30

Pont de Kiou sur la Tamise.

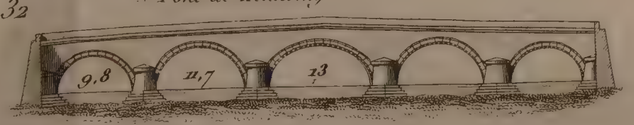
31

Pont de Blenheim Province d'Oxfort.



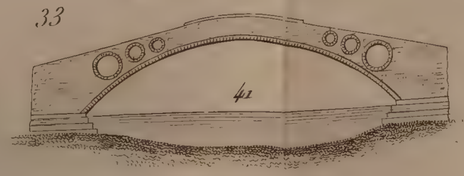
32

Pont de Hennelay



33

Pont sur le Taf. en Angleterre



34

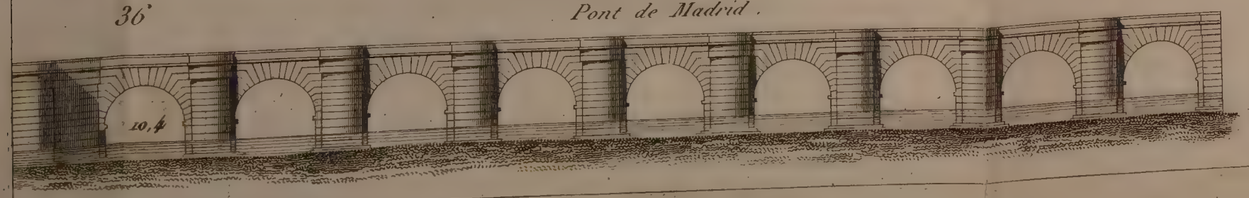
Pont de Somieres en Languedoc.

35

Pont de Boisseron en Languedoc.

36

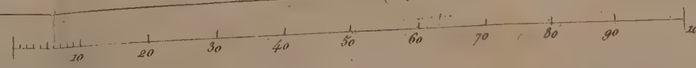
Pont de Madrid.



Pont de Valence.

37

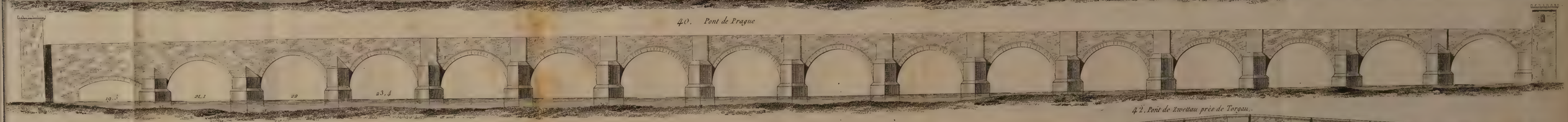
Adam Sculp.



38. Pont de Dresde sur l'Elbe.

39. Pont de Naumburg.

40. Pont de Prague



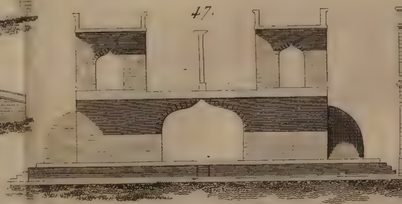
41. Pont de Ratisbonne

42. Pont de Zwetau près de Torgau.

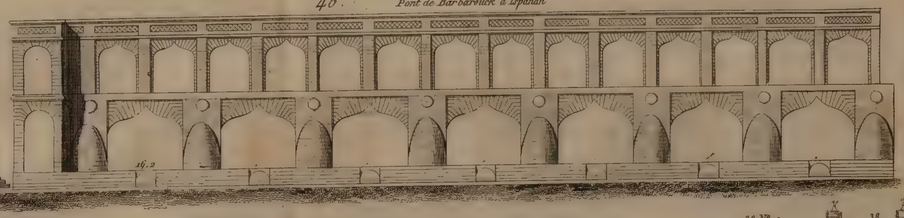
43. Pont de Varsbourg.

44. Pont de Nossen en Saxe.

47.



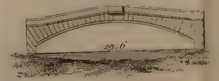
48. Pont de Barbaroueck à Ispahan.



52.

53. Pont Loyang.

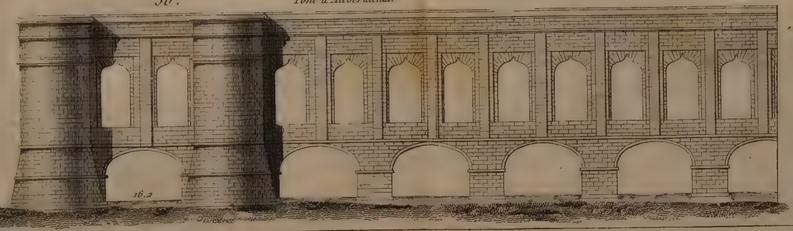
45. Pont de la Boucherie.



46. Pont de L'ABC.

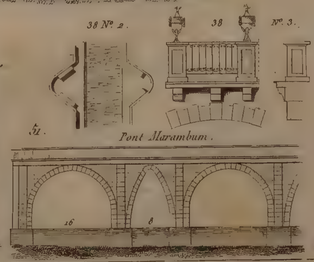
49.

50. Pont d'Aliverdichan.

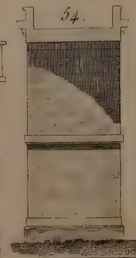


38 N° 2. 38 N° 3.

51. Pont Marambum.



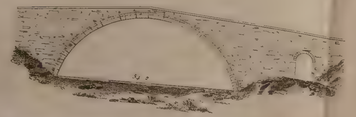
54.



55. Pont de Fochen

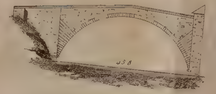
Construction des Ponts.

56. Pont de Vieilebrioude.



57. Pont de Gignac.

58. Pont de Claix

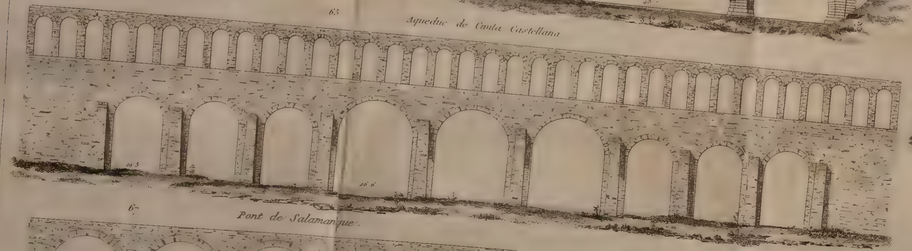


59. Pont de Lavaur.

60. Pont de Veste.

61. Pont de Romans.

63. Aqueduc de Civita Castellana.



66. Aqueduc de Spolette.

62. Pont des Têtes.

61 bis. Pont de Villeneuve d'Agen.

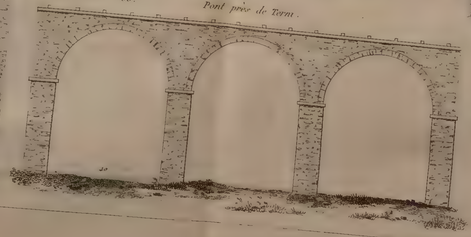
70. Aqueduc de Urbanne.

63. Pont de Mariorelle.

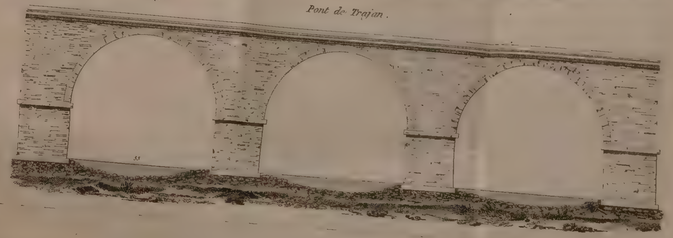
64. Pont de Ceret.

65. Pont de Salamanque.

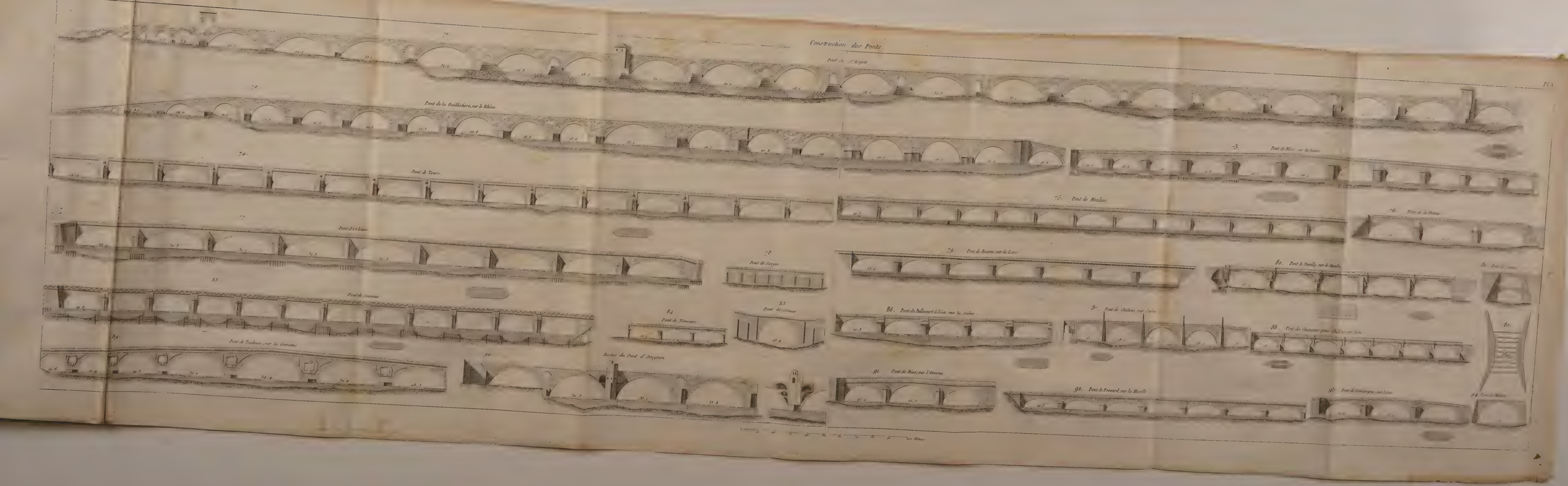
68. Pont près de Turni.



69. Pont de Trajan.



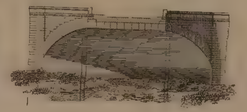
Adam Sculp.


71.
Pont du St Esprit.
72.
Pont de la Guillotière, sur le Rhône.
73.
Pont de Blois sur la Loire.
74.
Pont de Tours.
75.
Pont de Moulins.
76.
Pont de la Reine.
77.
Pont d'Orléans.
78.
Pont de Berger
79.
Pont de Beaune sur la Loire.
80.
Pont de Neuilly sur la Marne.
81.
Pont de Sens.
82.
Pont de Nemours
83.
Pont de Pressur
84.
Pont de Villeneuve sur Yonne.
85.
Pont de Valence sur Rhône.
86.
Pont de Pellemont à Lion sur la Saône.
87.
Pont de Châlons sur Saône.
88.
Pont des Chevaux pres Châlons sur Saône.
89.
Pont de Toulouse, sur la Garonne.
90.
Roche du Pont d'Avignon
91.
Pont de Blois, sur l'Abreon.
92.
Pont de Frouard, sur la Moselle
93.
Pont de Compiegne, sur l'Oise.
94.
Pont de Moissac.
Toises

95. Pont de la Concorde

Pont des Tuileries.

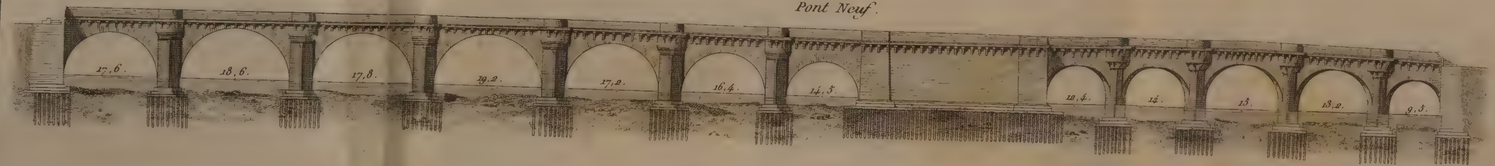
96.



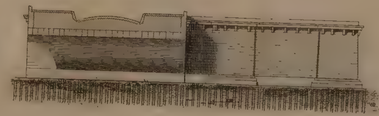
97. Pont du Marché Palu.

100. Pont St. Charles.

98. Pont Neuf.



99.



104. Pont au Double.

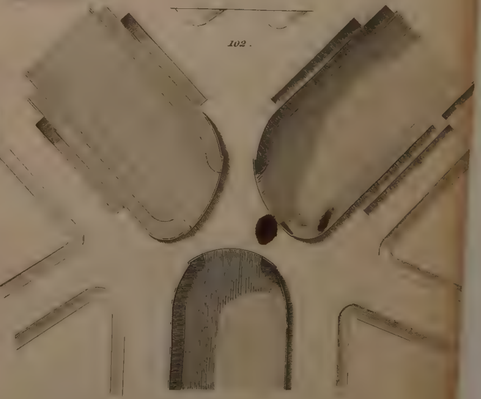
101. Pont situé à la jonction des Canaux du Midi et de Narbonne.

103. Pont au Change.

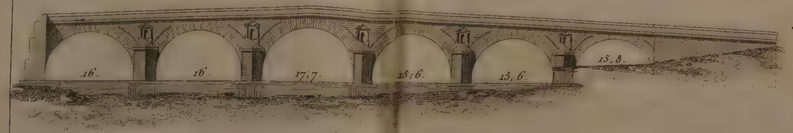
105. Pont Notre Dame.

106. Pont Marie.

102.



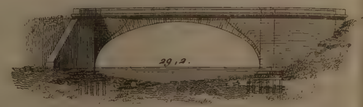
107. Pont de la Tournelle.



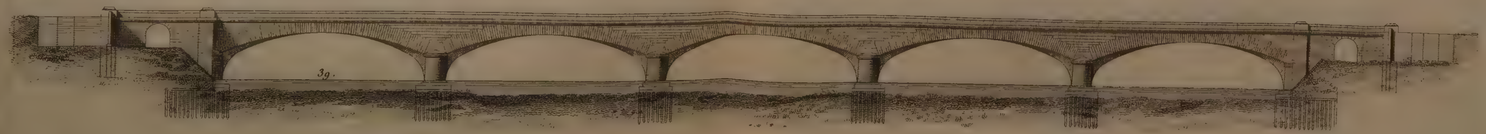
108. Pont St. Michel.

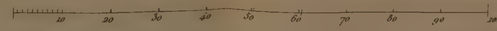
109. Pont de Mantes.

110. Pont de Nogent.



111. Pont de Neuilly.

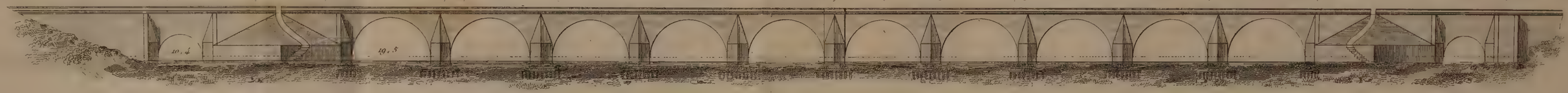




112. Pont de Pont St. Maxence.

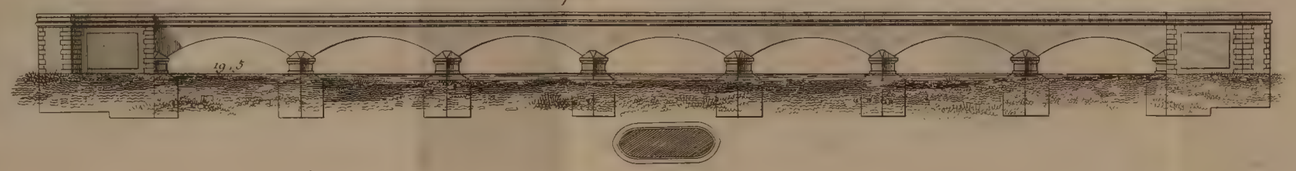
113

Pont de Charmes sur la Moselle.



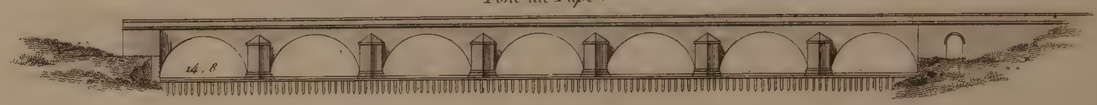
114.

Pont de Mirepoix.



115.

Pont du Pape.



116.

Pont de Maestricht.

117.

Pont de Horbourg.

118.

Pont de Monthyon.

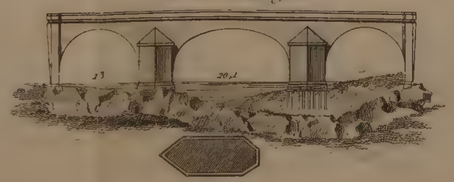
121.

120.

Pont de Pontlieu.

121.

Pont de Montignac.

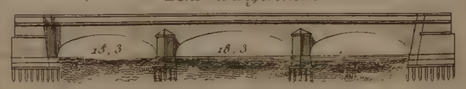


122.

Pont du Douctoire a Riencros.

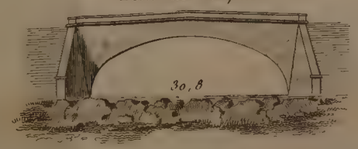
119.

Pont d'Ingersheim.



124.

Pont de Lempde.



125.

Pont de Bord.

126.

Pont de Brives

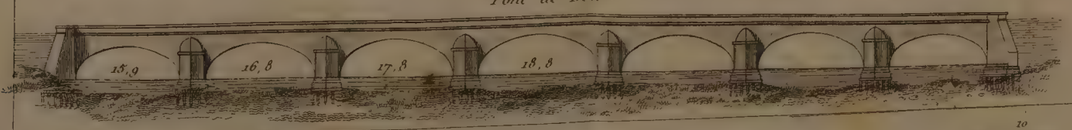
127. Pont Chinois

123.

Pont de Pesmes.

128.

Pont de Dôle.



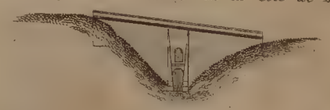
129.

Pont de Toul.

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Mètres.

130. Pont de Port de Piles

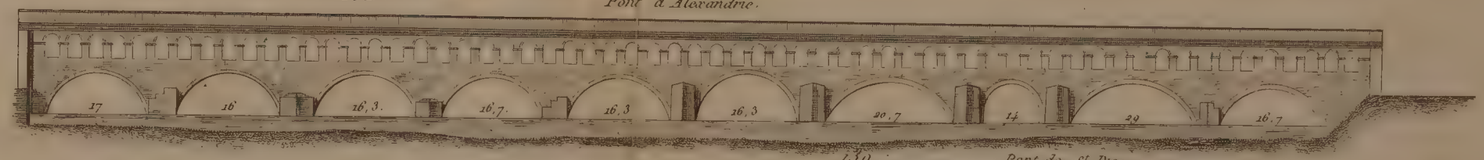
131. Pont sur les Ravins de la Côte de Mapres



133. Pont de Carbonne.

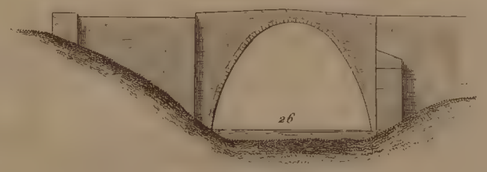
134. Pont de Chateau Thierry.

132. Pont d'Alexandrie.

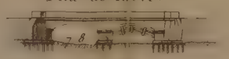


135. Pont Fouchards.

138. Pont de Sisteron.



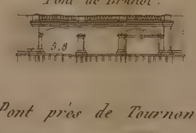
136. Pont de Rocol.



139. Pont de St. Dier.

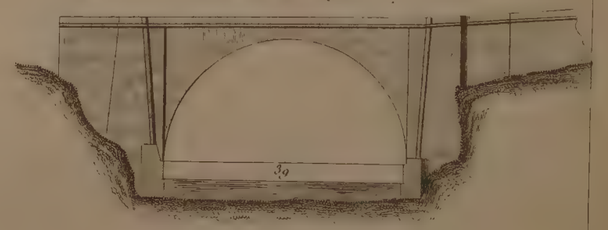
132 bis

137. Pont de Brunoi.



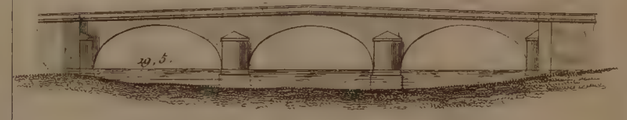
140. Pont de Cravant

144. Pont de Rumilly.



143. Pont près de Tournon sur le Doux

141. Pont de Montelimart.

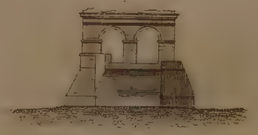


142. Pont de Maxeres.

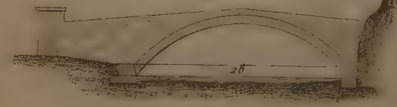
146. Pont d'Hérault, Rte de Nice

147. Pont de Saintes

148.



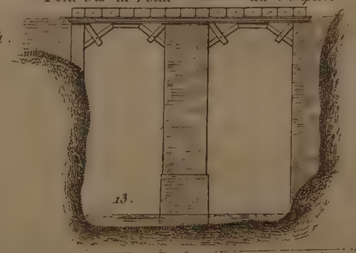
149. Pont de Castellane.



145. Pont d'Homps.

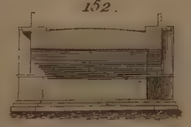
Pont sur la route du Simplon.

151.

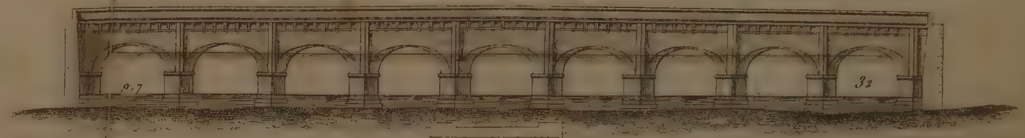


150. Pont de Neuville sur l'Ain.

152.



153. Pont de Chatelleraut.



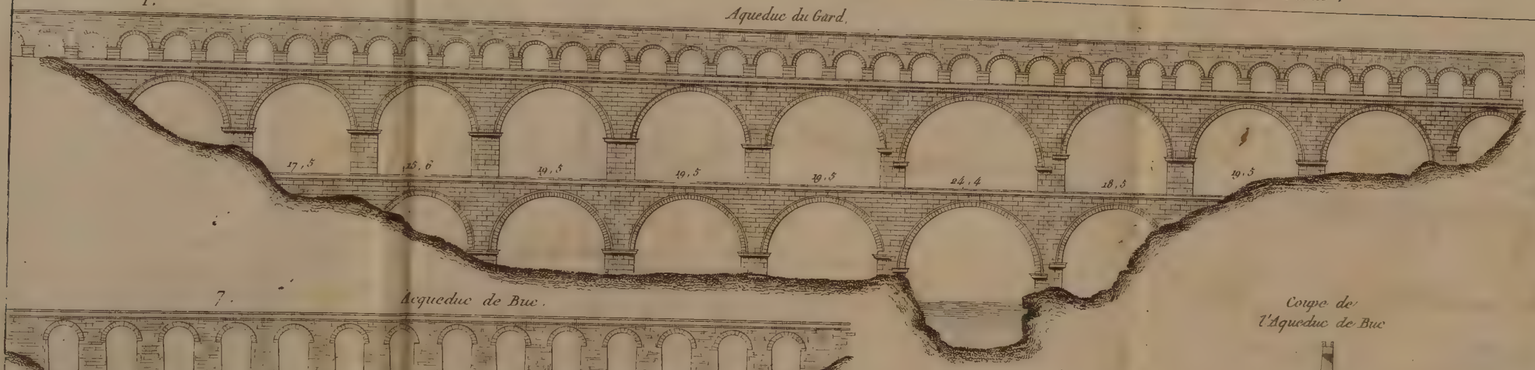
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Mètres.

T. I.

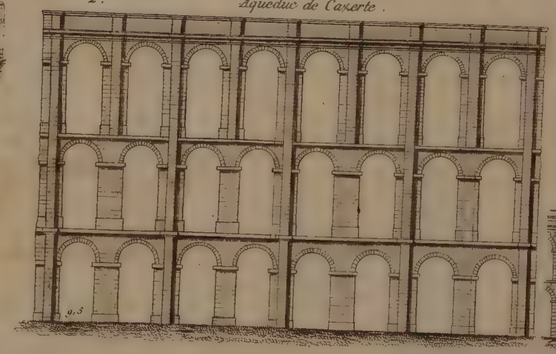
Construction des Ponts.

Pl. IX.

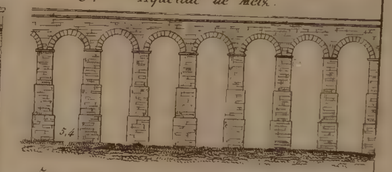
1. Aqueduc du Gard.



2. Aqueduc de Caserte.

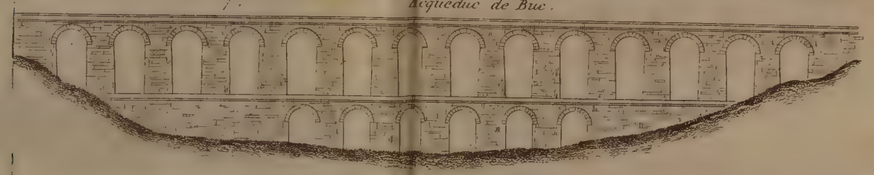


3. Aqueduc de Metz.



5. Aqueduc de Segovie.

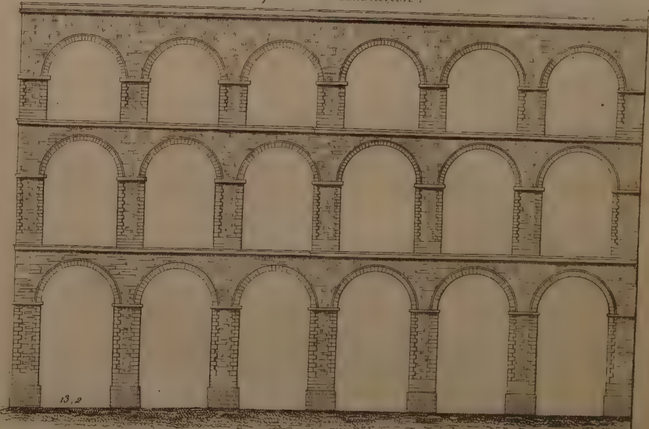
7. Aqueduc de Buc.



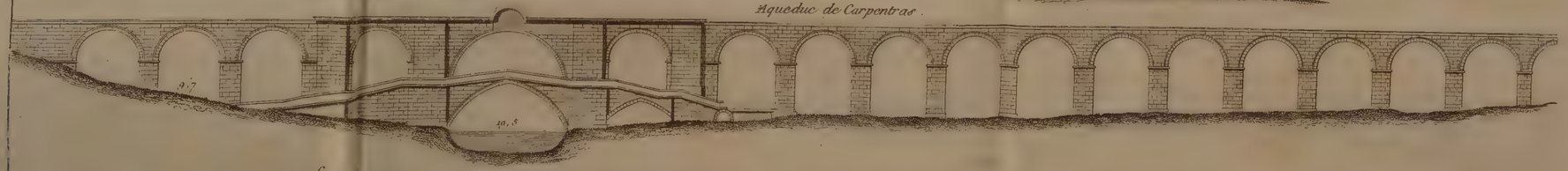
Coupe de l'Aqueduc de Buc

4. Aqueduc de Marly.

9. Aqueduc de Maintenon.



8. Aqueduc de Carpentras.

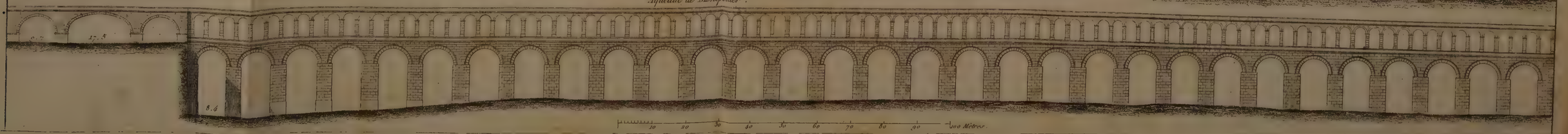


6. Aqueduc de la Crau d'Arle.

10. Aqueduc d'Arcueil.

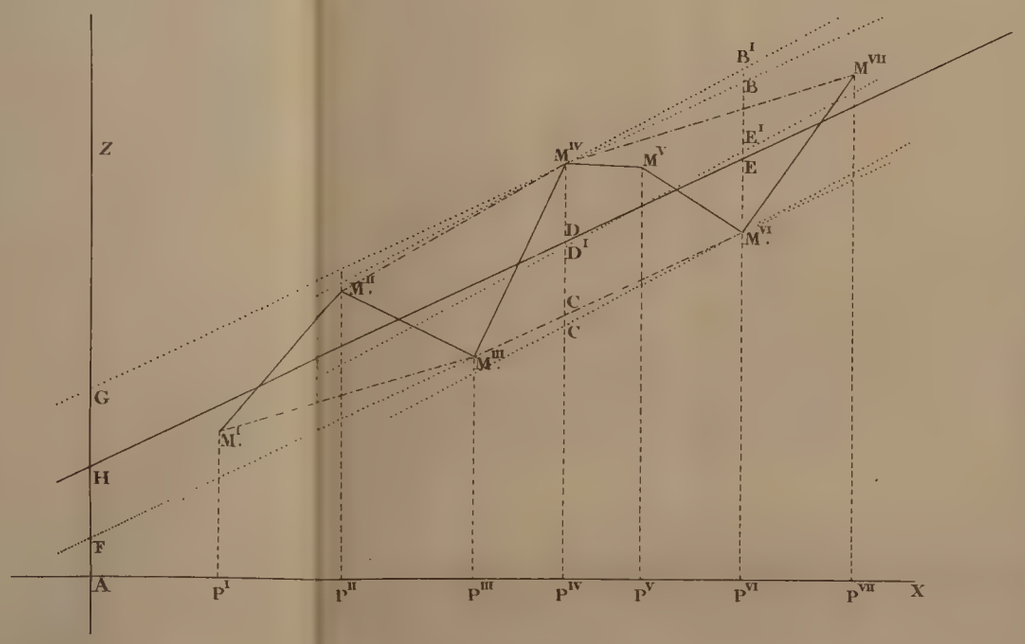
11. Aqueduc de Claude près de Rome.

12. Aqueduc de Montpellier.

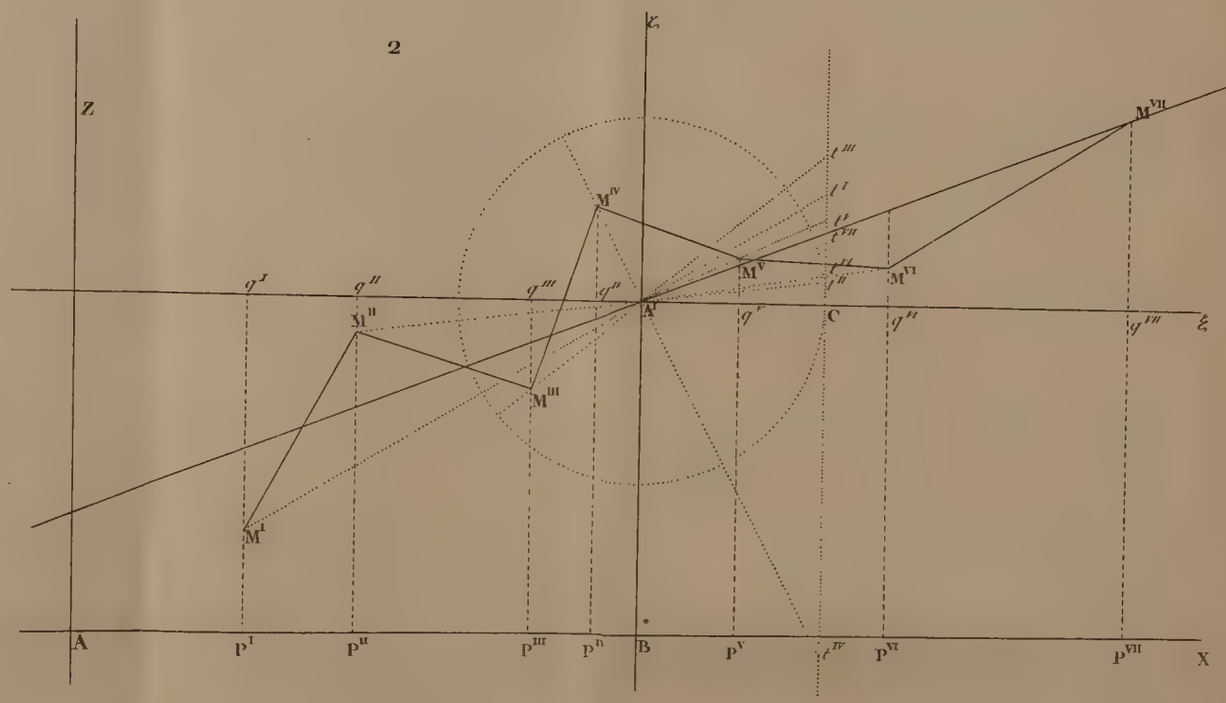


10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Mètres

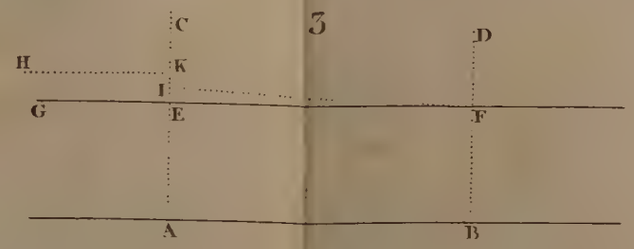
1



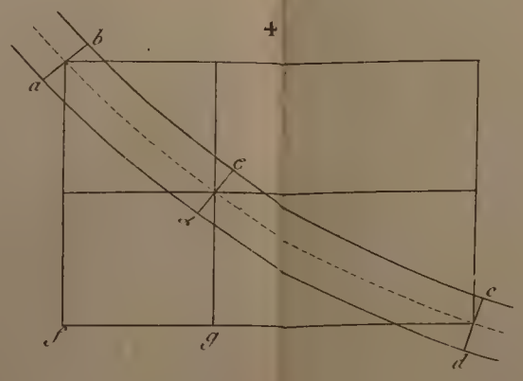
2



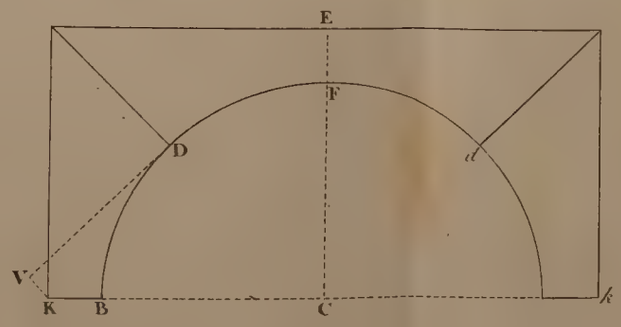
3



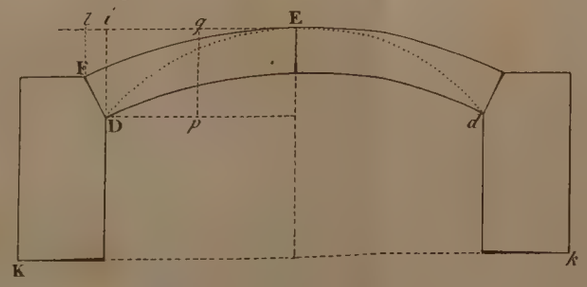
4



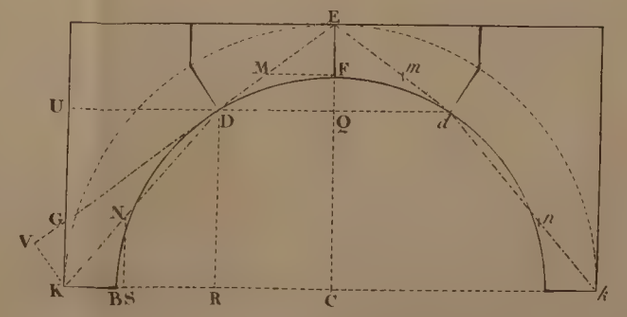
5



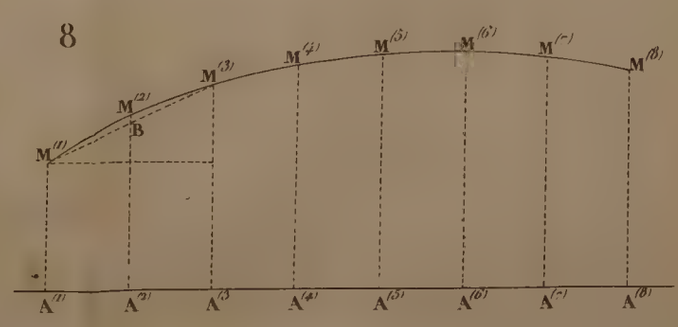
6



7

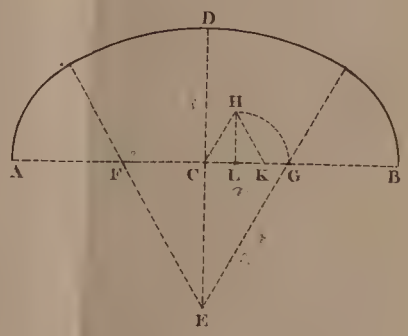


8

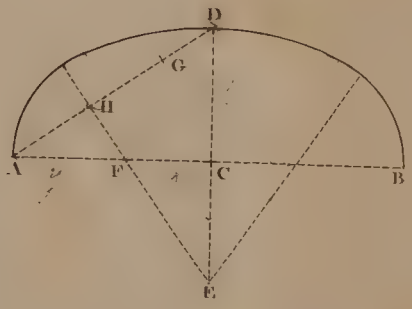


Morsy Sculp!

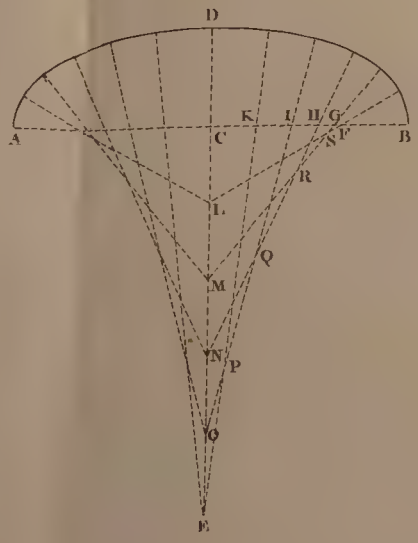
1


D
H
A
F
C
L
K
G
B
E

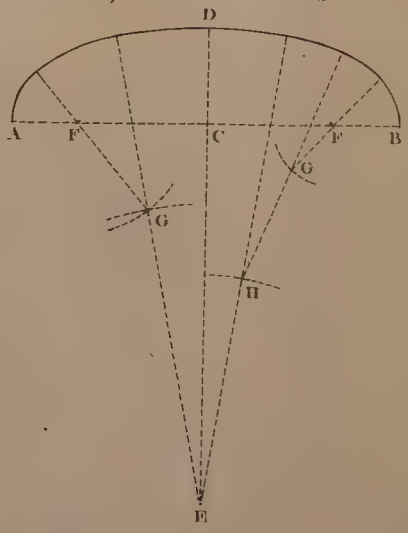
2


D
G
H
A
F
C
B
E

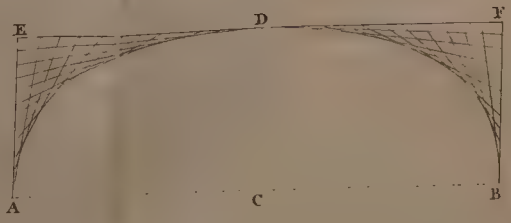
3


D
K
L
H
G
A
C
S
F
B
R
L
Q
M
N
P
O
E

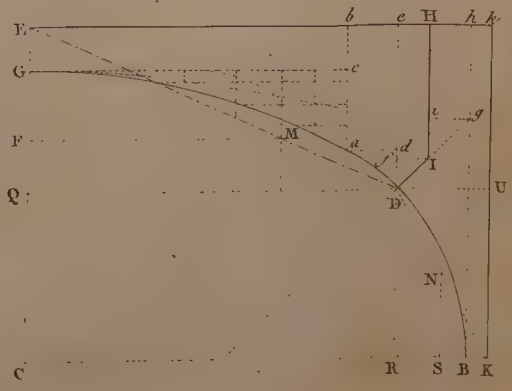
4 5


D
A
F
C
F
B
G
G
H
E

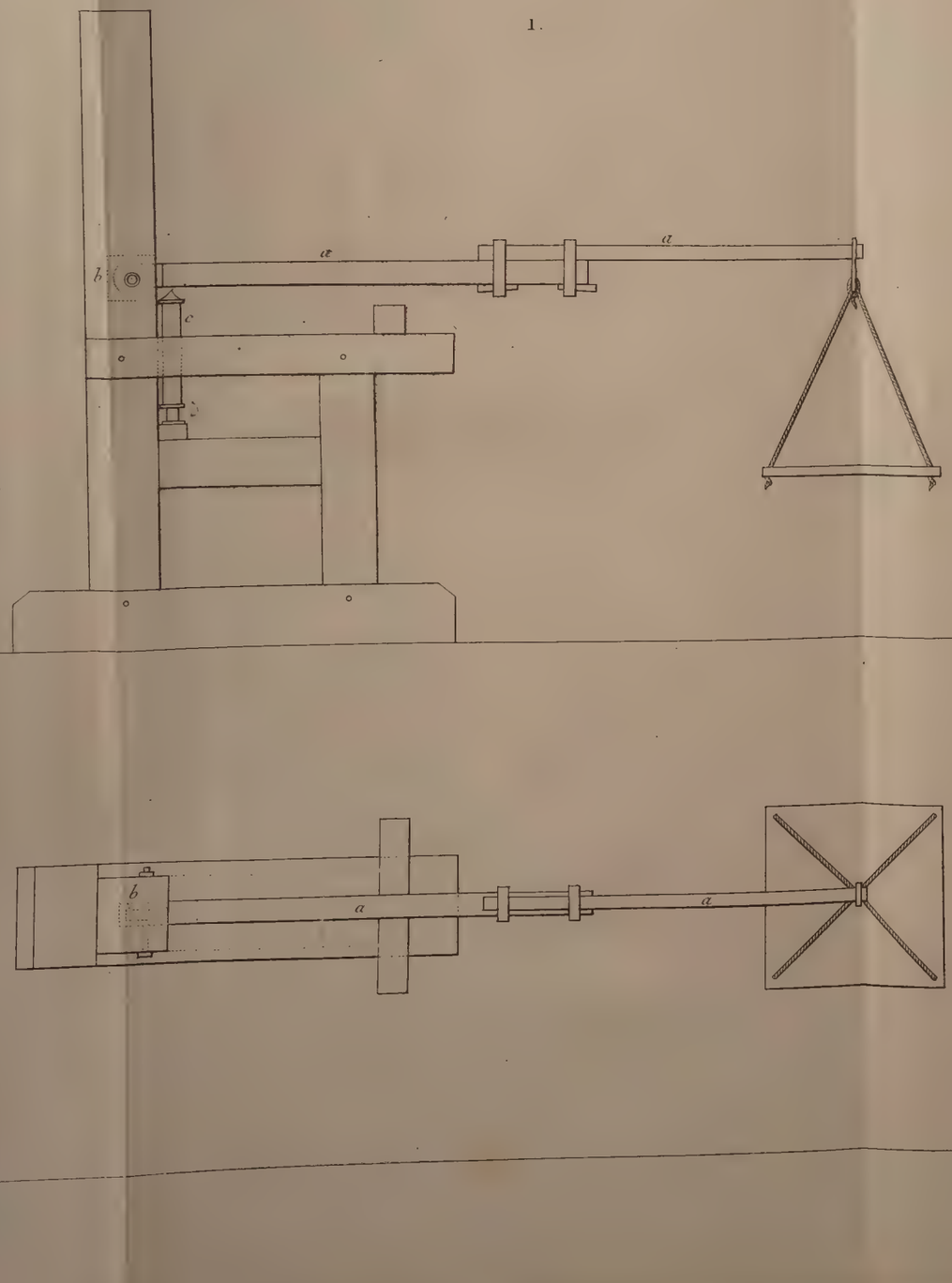
6


E
D
F
A
C
B

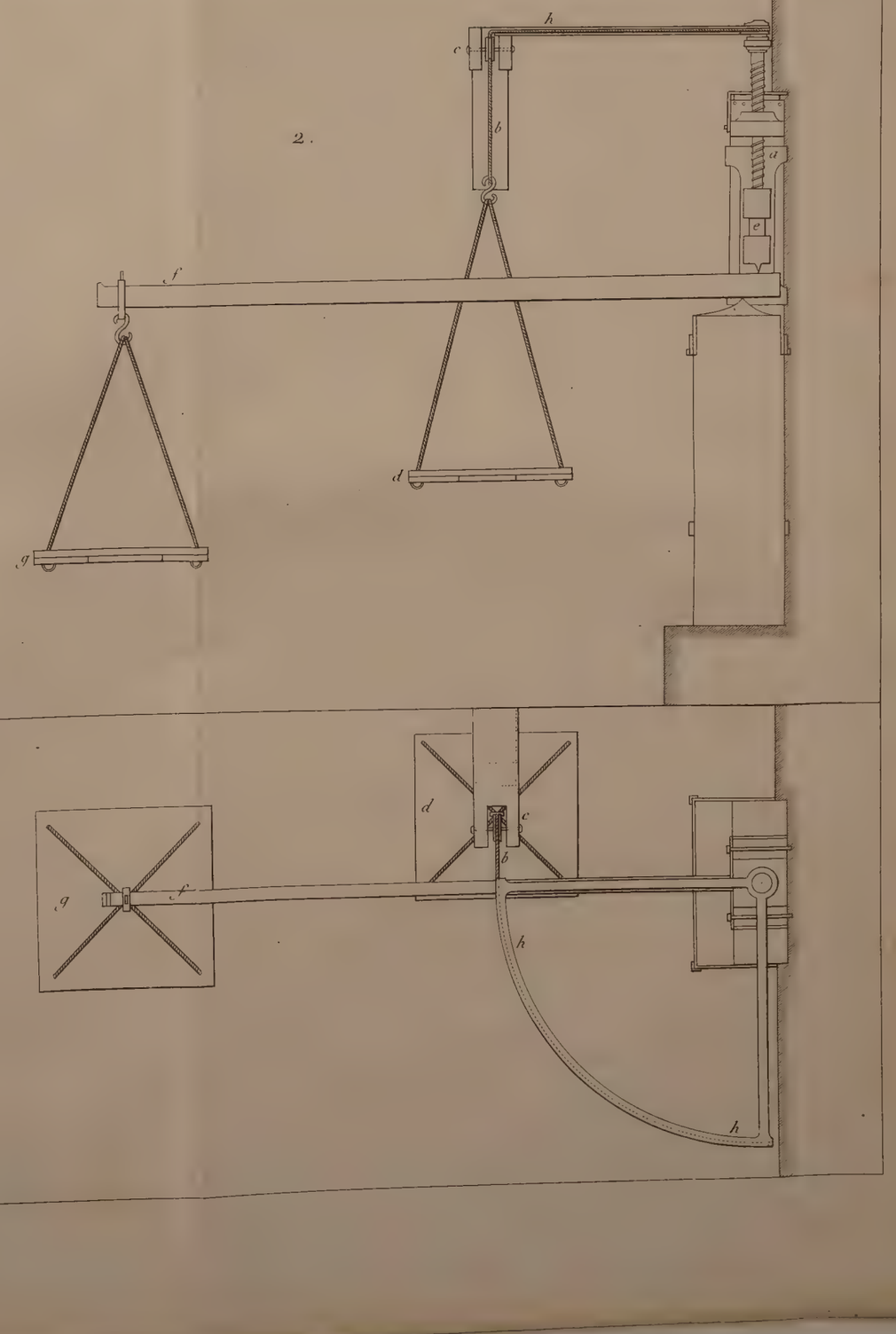
7

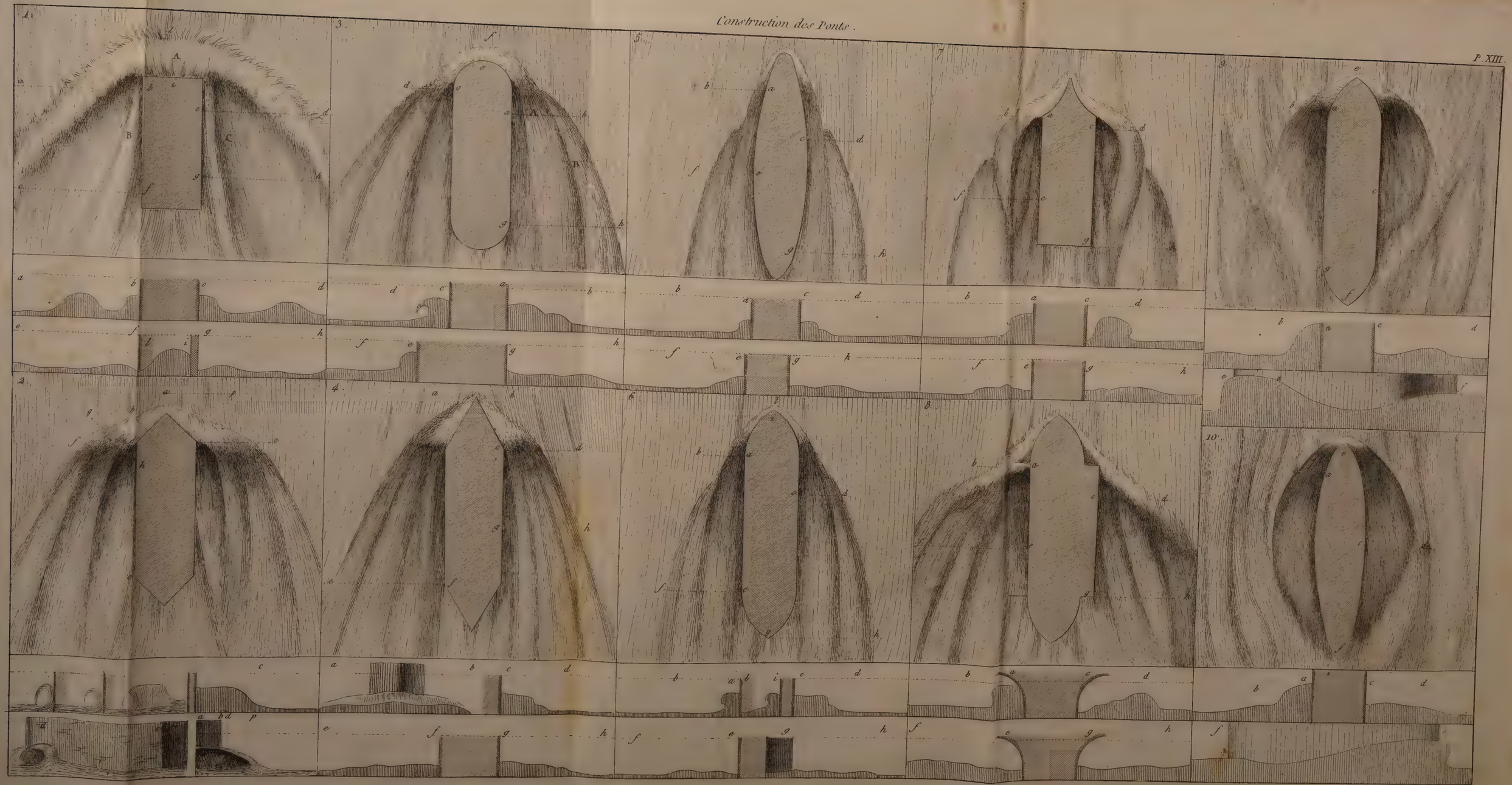

E
b
c
H
h
k
G
c
F
M
a
d
I
e
g
Q
D
U
N
C
R
S
B
K

1.

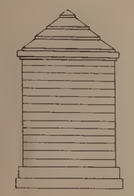


2.

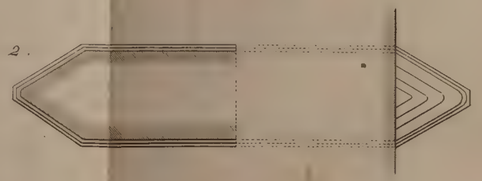



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

1.

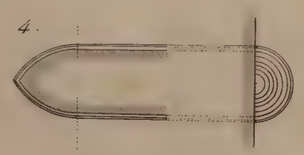


2.

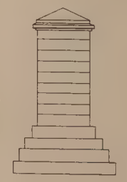


3.

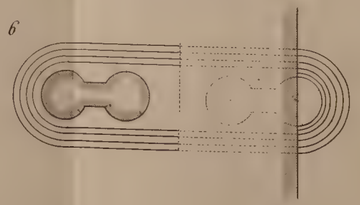
4.



5.

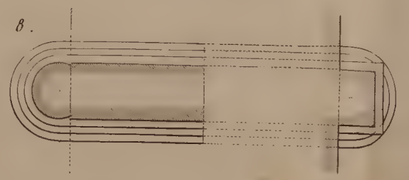


6.

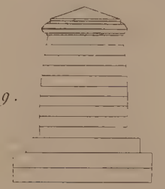


7.

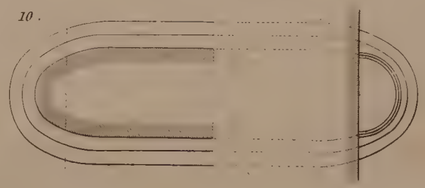
8.



9.

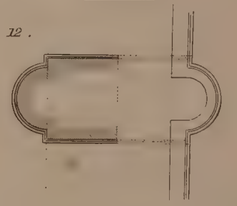


10.

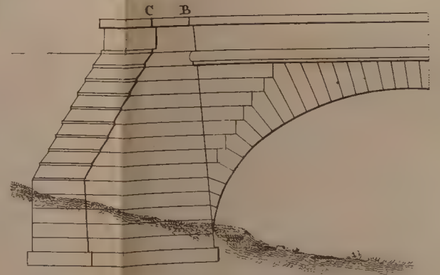


11.

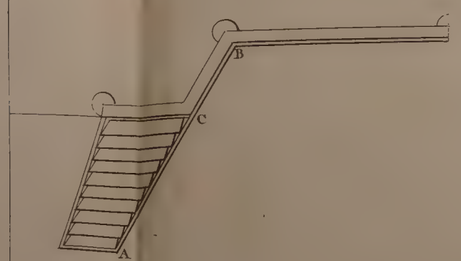
12.



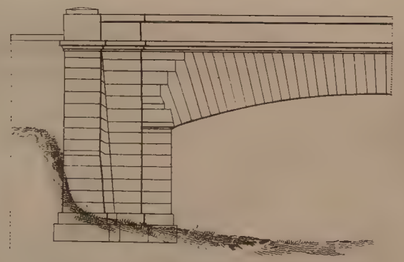
13.



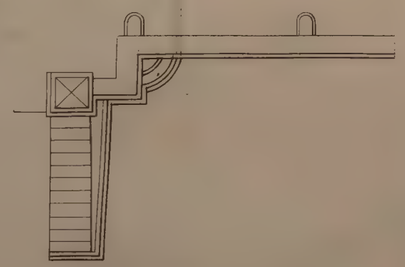
14.



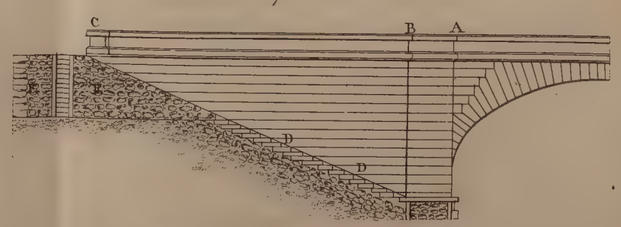
15.



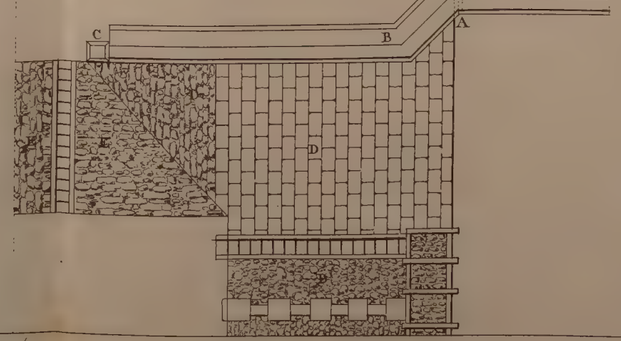
16.



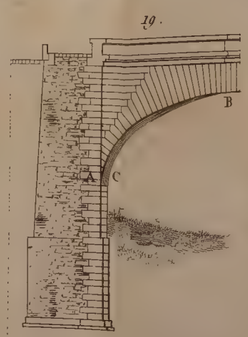
17.



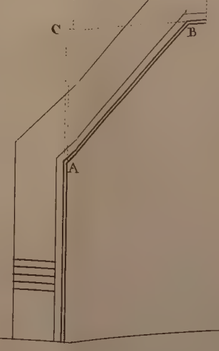
18.



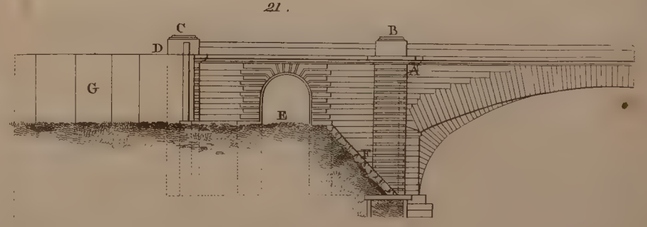
19.



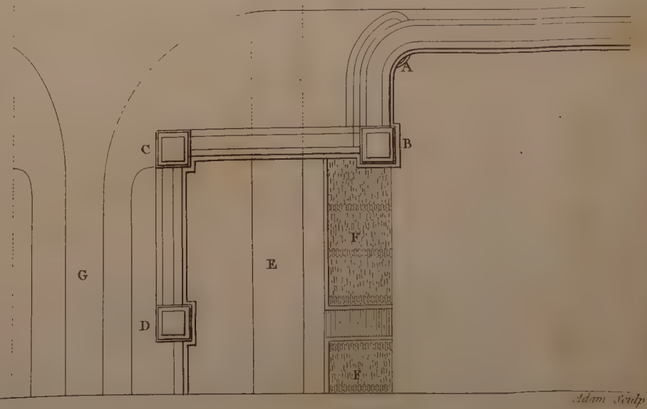
20.



21.

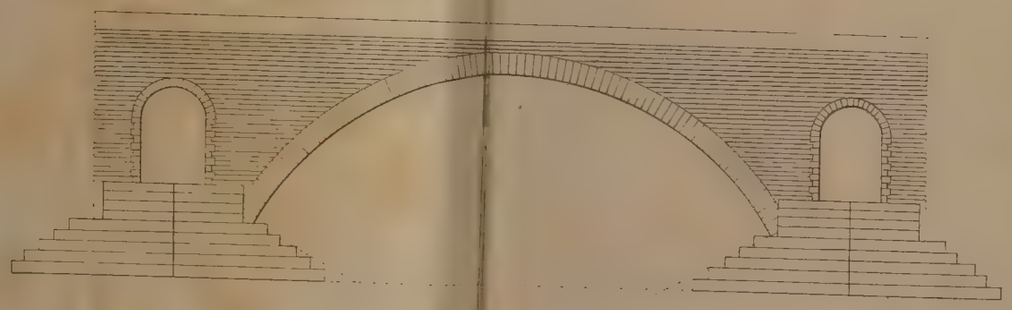


22.

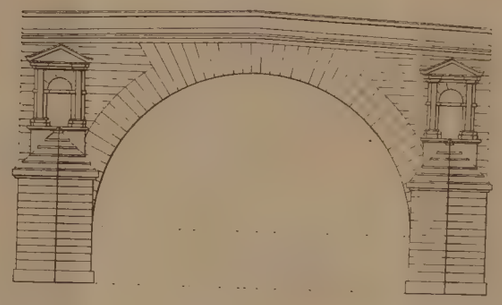


Adam Sculp

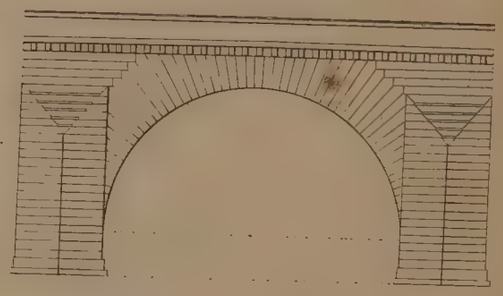
1



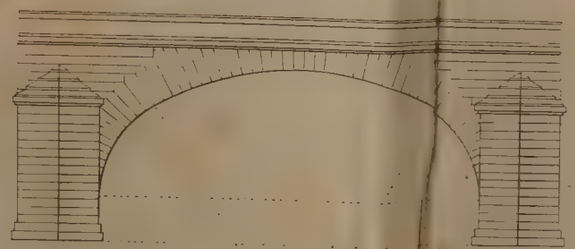
2



3

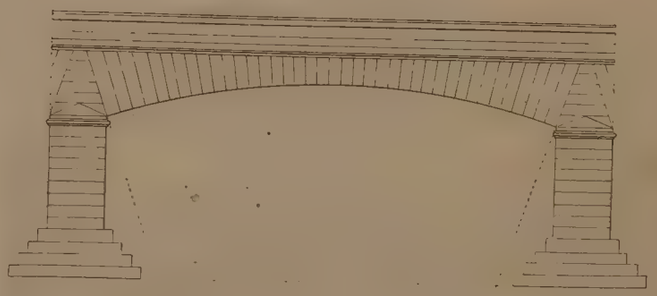


4

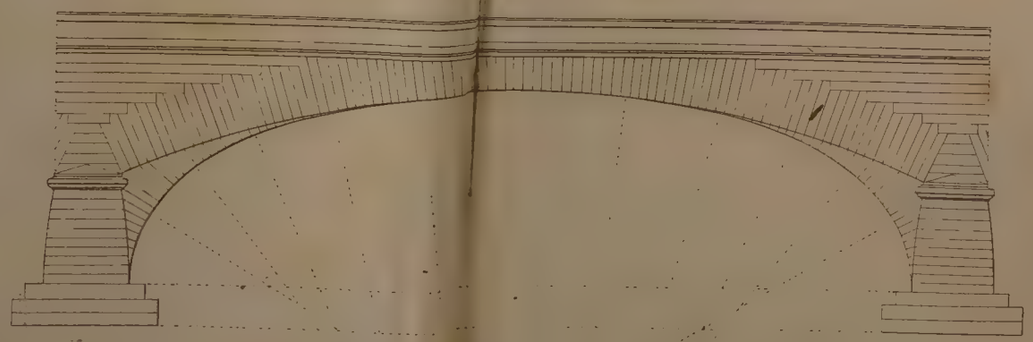


5

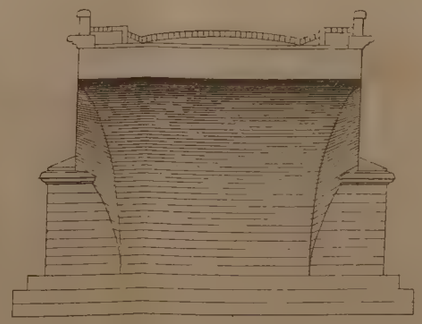
6



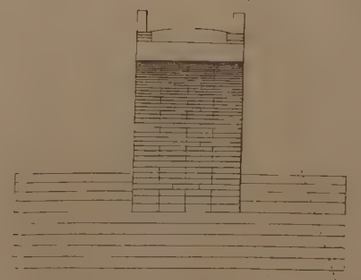
7



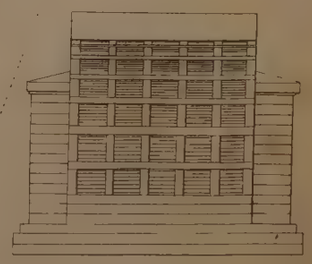
8



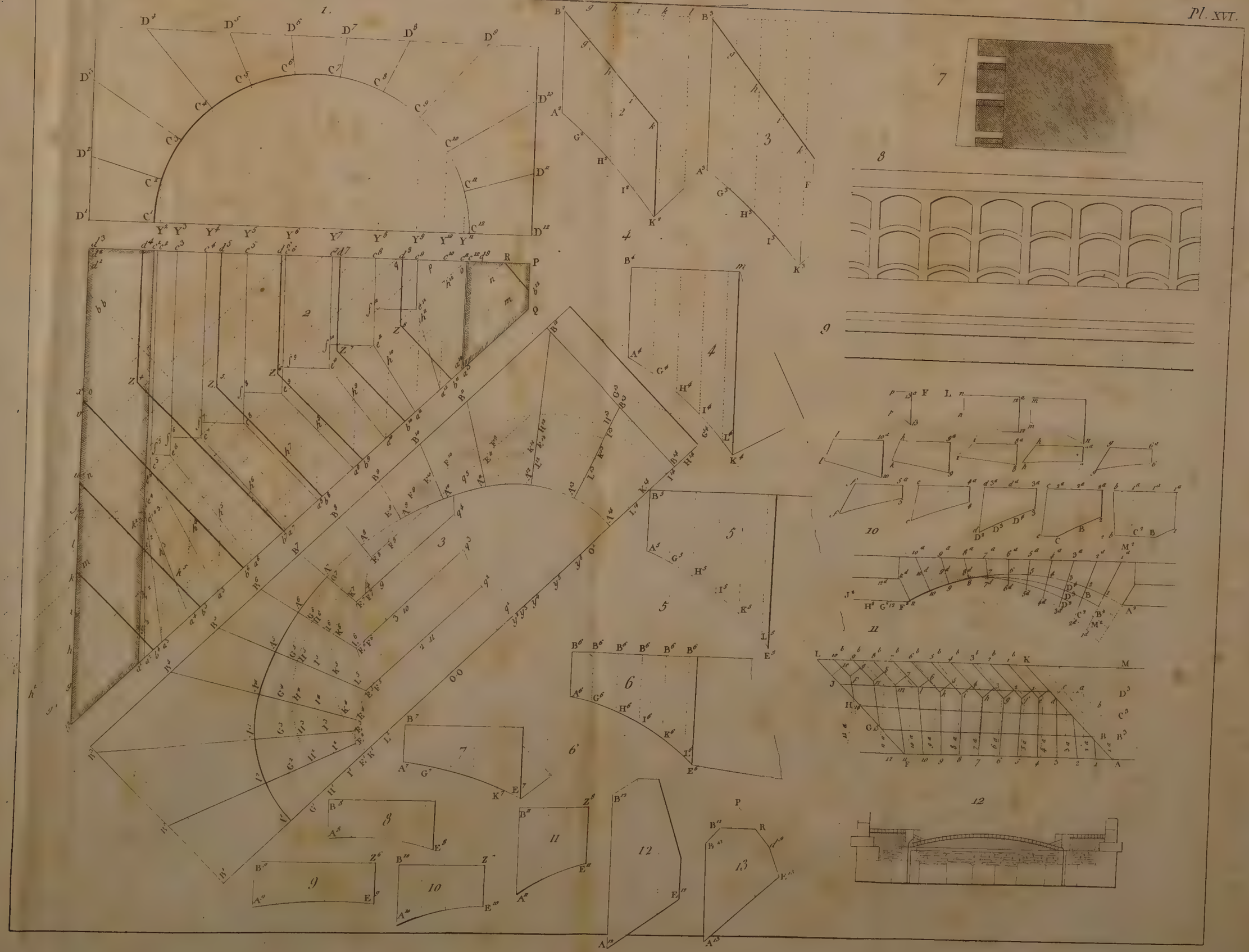
9



10



10 20 30 40 Mètres


1.
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

10/02
NMI.=
3 vol

#12337